

K U N G L. S K O G S H Ö G S K O L A N S S K R I F T E R

BULLETIN OF THE ROYAL SCHOOL OF FORESTRY

STOCKHOLM, SWEDEN

Nr 32

Redaktör: Professor LENNART NORDSTRÖM

1959

---

# STUDIER ÖVER KLIMATETS HUMIDITET I SVERIGE

*Studien über die Humidität des  
Klimas in Schweden*

Av

OLOF F. S. TAMM



STOCKHOLM 1959

EMIL KIHLSSTRÖMS TRYCKERI AB



## Förord

År 1952 började förf. studera det svenska klimatets humiditetsgrad med utgångspunkt från avdunstningen och avrinningen i ett antal floders nederbördsområden. De första resultaten framlades i ett föredrag inför Kungl. Lantbruksakademien, (*Tamm*, 1954). — Samtidigt arbetade dr *L. Turc* vid »Laboratoire des Sols» i Versailles med delvis likartade problem men från universell synvinkel. Han framlade sina studier i en doktorsavhandling: »*Le Bilan d'eau des sols: Relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement*» och disputerade i april 1953 (*Turc* 1954—55). Först år 1956 fick förf. kännedom om *Turcs* viktiga arbete. Dennes resultat skola i det följande beröras. Vid besök i Versailles har jag haft den stora förmånen att få diskutera vissa problem med dr *Turc*.

Mina studier grunda sig på observationer från *Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI)*. I stor utsträckning har också utnyttjats kartor, som på grundval av institutets observationer upprättats på *Kartografiska Institutet* under ledning av fil. dr *Magnus Lundqvist*. Denne har även medverkat vid upprättandet av de kartor som ingå i denna avhandling. Vid slutredigerandet av kartorna har jag också haft betydande hjälp av dr *Lundqvists* efterträdare, kartredaktör *O. Hedbom*. Vid regressionsanalytiska beräkningar medverkade d. v. teknologen *Erik Jonsson*, vidare professor *T. Troedsson* och Statens Skogsforskningsinstituts matematiker, fil. lic. *B. Matérn*, vilken nedan har meddelat en redogörelse för sina beräkningar. Ett omfattande räkne- och ritningsarbete har utförts på Skogshögskolans institution för skoglig marklära av fröken *Margareta Wi-berg* samt amanuenserna *Thorsten Nilsson*, *Yngve Jonsson*, *Ulf Buskvist* och *Sven-Birger Petersson-Arm* samt skog. stud. *Gösta Nuldén*. Dr. phil. *H. Eidmann* har haft vänligheten att genomläsa och rätta den tyska texten.

Till alla de institutioner och personer, som på olika sätt givit mig bistånd i min undersökning, riktar jag härmed mitt varma tack, och jag vänder mig därvid i första hand till *Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut* och där särskilt till f. d. byråchefen *R. Melin*, f. d. överdirektören *A. Ångström* och byråchefen *C. C. Wallén*, samt till *AB Kartografiska Institutet* och där särskilt dr *M. Lundqvist*.

Fonden för skoglig forskning har bestritt de oundvikliga, ganska stora

kostnader, som varit förknippade med framställandet och reproducerandet av kartorna såväl som vissa andra publikationskostnader. Jag riktar till Fondens styrelse mitt värdsamma och varma tack.

Skogshögskolan i maj 1959.

*Olof F. S. Tamm*

## Inledning

Alltsedan den berömda tyske geografen *Penck* uppdelade jordens klimat i *arida*, *humida* och *nivala* med hänsyn till nederbörds-, avdunstnings- och avrinningsförhållanden, har man inom markläran, ekologien, växtgeografien och andra närbesläktade grenar av naturvetenskapen känt ett stort behov av ett siffermässigt uttryck för den klimatiskt betingade bevattningen, eller med andra ord *klimatets humiditetsgrad* eller rätt och slätt dess *humiditet*. Denna beror ej blott på nederbörden utan också på avdunstningen, som i sin tur är en funktion av energitillförseln, på vilken lufttemperaturen är ett mått. Även meteorologerna och hydrologerna ha naturligtvis intresserat sig för dessa problem, särskilt i samband med beräkning av vattenkraftresurser. Man har i Sverige liksom i andra länder upprättat stationer för mätning av avrinningen i ett stort antal floder och samtidigt har nederbörden bestämts på ett flertal punkter inom dessa floders nederbördsområden ovanför avrinningsstationen. Sedan alla dessa mätningar fullföljts under avsevärda perioder, har man fått fram goda uttryck ej blott för årsmedelnederbörden, i det följande städse betecknad med P, utan även för årsmedelavrinningen, A, och för årsmedelavdunstningen från mark och vegetation, den s. k. evapo-transpirationen, E, som är differensen  $P - A$ . Vid långa perioder behöver hänsyn ej tagas till tillfällig vattenmagasinerings i marken. Det får ej heller förekomma märkbar grundvattenavrinning *förbi* avrinningsstationerna, en förutsättning, som vanligen är för handen i Sverige. — Med T har i det följande städse betecknats årsmedeltalet av t, dvs av luftens temperatur vid den nivå, som motsvarar instrumentens placering vid våra meteorologiska stationer, där den allmänna lufttemperaturen är föremål för mätning.<sup>1</sup>

På SMHI (*Bergsten* 1954, sid. 7) har man på Sveriges karta ritat isolinjer för evapo-transpirationen, E, vilka grunda sig på undersökningar av ovan anförda slag (jfr fig. 3). — Själva årsmedelavrinningen är ett ypperligt mått på *graden* av humiditet hos ett klimat, som i *Pencks* mening är humitt. I ett sådant klimat uppkommer ett nederbördsöverskott, som ger upphov till vattendrag av olika storleksordning. Tack vare SMHI:s arbeten är A känt för ett stort antal flodområden i vårt lands olika delar.

---

<sup>1</sup> Förf. har i fråga om årsmedeltal av lufttemperaturer följt *Ångströms* (1938, s. 31 och följande) beteckningssätt.

Trots att sålunda meteorologerna och hydrologerna fått fram goda, siffermässiga uttryck såväl för klimatets humiditetsgrad som för evapo-transpirationen, har forskare inom andra grenar av naturvetenskapen ej nöjt sig med denna lösning av problemet. Orsaken härtill är den, att de erhållna talen referera sig till hela nederbördsområden, vilka oftast äro vidsträckta och inbegripa betydande olikformigheter både ifråga om lufttemperatur och nederbörd. Man kommer ej åt humiditetsgradens lokala växlingar, som kunna vara av stor betydelse. Man har därför sökt andra uttryck för klimatets humiditetsgrad (resp. ariditetsgrad), vilka kunna härledas ur meteorologiska observationer, utförda å en mängd punkter, spridda över en stor landyta. Detta sätt att arbeta medgiver åstadkommandet av relativt detaljerade kartografiska sammanställningar.

*Lang* (1920) föreslog användningen av kvoten  $P:T$ . Denne forskares uttryck är den enklast tänkbara funktion, som ökar med stigande  $P$  och fallande  $T$ . *De Martonne* (1926) ändrade denna kvot till  $P:(T+10)$  för att i kalla klimat undvika att nämnaren går mot noll. *Symkiewicz* (1923) dividerade i stället  $P$  med ett uttryck för avdunstningseffekten, som kunde beräknas ur luftfuktighetsdata. *A. Meyer* föreslog förhållandet mellan  $P$  och luftens mättningsdeficit. *Axel Wallén* (1927) förordade förhållandet  $P:E$ , där  $E$  bestämdes med hjälp av avrinningen i flodområden.

*Hesselman* (1932) underkastade alla dessa metoder en granskning. För Sveriges del fann han *De Martonnes* vara lämpligast. Han strök under, att ett siffermässigt mått på graden av ett klimats humiditet bör kunna uträknas för ett stort antal enskilda punkter, så att en relativt detaljerad kartografisk framställning möjliggöres. Han räknade ut *De Martonnes* tal för 187 svenska meteorologiska stationer, spridda över hela landet, och upprättade på grundval härav en karta, där Sverige är indelat i sex zoner med olika humiditetstal:

Zon 1: Subarida områden,	humiditetstal	<30
» 2: Kontinentala områden,	»	30—34
» 3: Övergångsområden,	»	35—39
» 4: Subhumida områden,	»	40—49
» 5: Humida områden,	»	50—59
» 6: Superhumida områden,	»	>60

*Hesselmans* resultat slog igenom i vårt land, och *De Martonnes* tal har där sedermera spelat en stor roll. Det är dock föga känsligt för temperaturen och saknar påtaglig fysisk innebörd. Mot *Hesselmans* terminologi kan invändas att ordet *humid* användes för en enskild zon och termen *kontinental* i en speciell bemärkelse, som avviker från gängse språkbruk. Av dessa orsaker kommer i det följande *Hesselmans* beteckningar ej att begagnas med undantag för termerna *subarid* och *superhumid*.

*Ångström* (1936) ställde det kravet på ett gott humiditetstal att detsamma borde ha en påtaglig fysisk innebörd. Redan *De Martonne* hade räknat ut humiditetstal för enskilda månader. *Ångström* påvisade att sådana månadstal approximativt uppfyllde hans krav. Slutligen må nämnas att växtgeografen *Emberger* (1942) framlagt en klimatfunktion, som innesluter både klimatets humiditetsgrad och dess kontinentalitet (se *Tamm* 1954), och som med framgång har använts i samband med både växtgeografiska och pedologiska (se *Duchaufour*, 1948) undersökningar.

Det ändamålsenligaste uttrycket för klimatets humiditetsgrad inom ett humitt land såsom Sverige bör vara differensen  $P-E$ , alltså differensen mellan årsmedelnederbörden och årsmedelevapo-transpirationen, under förutsättning att denna differens låter sig beräkna för bestämda punkter ur enkla meteorologiska observationer.  $P-E$  är ett tal med konkret innebörd: Den bråkdel av nederbörden, som i medeltal undgår att avdunsta, bildar grundvatten och ytvatten och ger upphov till källor, bäckar och floder. Det är tydligt att problemets kärnpunkt är att finna en metod för beräkning av  $E$  ur de allmänna meteorologiska observationerna.  $E$  orsakas av den energitillförsel, för vilket  $T$  är ett uttryck. Det bör finnas ett funktionellt samband mellan  $E$  och  $T$ . Det gällde sålunda att finna detta samband. Härfter kan differensen  $P-E$  uträknas. Denna differens benämnes i det följande  $H$ , dvs. *humiditetstal* eller *humiditetsvärde*.

## Härledning av funktioner för beräkning av $E$ från $T$

Om man hade ett användbart uttryck för årsmedeltemperaturen,  $T$ , inom *hela flodområden* (ovan avrinningsstation), där man känner årsmedelavrinningen ( $A$ ) och, tack vare ett betydande nät av nederbördsstationer, också årsmedelnederbörden ( $P$ ) och därmed även differensen ( $P-A$ ) som är  $E$ , borde man kunna härleda den funktion, som uttrycker det allmänna sambandet mellan  $E$  och  $T$ .

För att söka lösa detta problem begärde och fick förf. av d. v. byråchefen vid SMHI *R. Melin* erforderliga meteorologiska och hydrologiska data (utom  $T$ -värden) för ett antal lämpliga, över Sverige spridda nederbördsområden (se *Tamm*, 1954, tab. 1). De voro 25 till antalet och ligga alla utanför fjällregionen, vars starkt växlande nederbörd i de flesta fall ej är känd genom direkta nederbördsobservationer. De erhållna data för de olika flodområdena voro följande: Årsmedelnederbörden 1921—1950, årsmedelavrinningen för samma period, sjöprocenten, som ej fick avvika alltför mycket från det normala. Samtliga vattenområden voro till väsentlig del skogbevuxna moränområden, de kunde betecknas såsom svensk normalterräng, dock naturligtvis med avsevärda topografiska skillnader. — Beträffande felkällorna må i fråga om avrinningsmätningarna hänvisas till *R. Melin* (1955,

s. 14 och följande), i fråga om nederbördsmätningarna till *C. C. Wallén* (1951) och *F. Bergsten* (1954).

Årsmedeltemperaturen i nederbördsområdena bestämdes på följande sätt: På en karta över årsisotermerna i Sverige för perioden 1901—1930, från »Atlas över Sverige» i skalan 1: 4 000 000 projicerades de olika nederbördsområdenas gränser. Avrinningsstationerna utsattes med ledning av de allmänna kartorna. Härfter avgränsades nederbördsområdena så att de endast kommo att omfatta vad som ligger ovanför avrinningsstation. Detta kunde ske med hjälp av de specialkartor över våra vattendrags nederbördsområden, som publicerats av SMHI. Härvid gjordes vissa, dock tillåtliga, approximationer. På den använda arbetskartan blevo de 25 nederbördsområdena av årsisotermerna uppdelade i ett antal figurer. En figur mellan två isotermer ansågs ha en årsmedeltemperatur, som ligger mitt emellan de två. Genom att taga hänsyn till de olika figurernas arealer, bestämda medelst planimetrering, kunde ett värde för årsmedeltemperaturen i resp. nederbördsområden ovanför avrinningsstation uträknas. Att de på så sätt erhållna  $T$ -värdena gälla perioden 1901—1930 är en ofrånkomlig men tämligen betydelselös olägenhet. De grunda sig på *Ångströms* arbete (1938), där även felkällorna i temperaturmätningarna diskuteras. Från de av SMHI erhållna  $P$ -värdena för de olika flodområdena subtraherades avrinningsvärdena för samma områden, varigenom  $E$ -värden för dessa kunde fastställas. I ett grafiskt diagram (Fig. 1) avsattes därefter  $E$ -värdena utefter

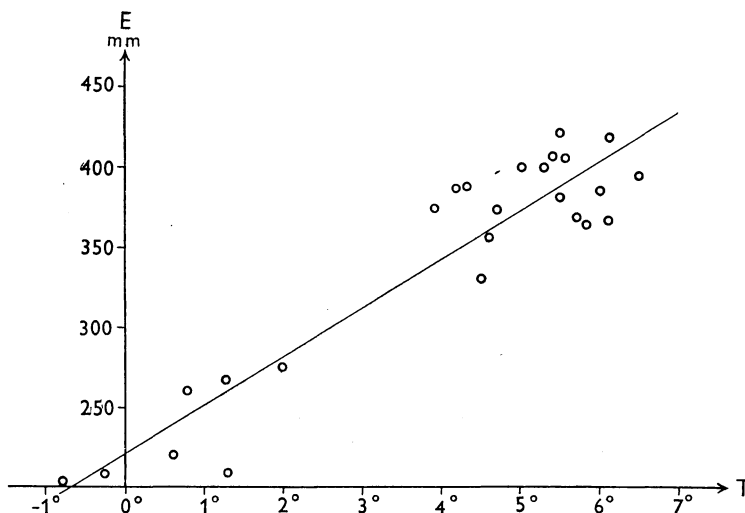


Fig. 1. Den årliga medelevapo-transpirationen,  $E$ , som funktion av årsmedeltemperaturen,  $T$ , inom 25 svenska floders avvattningsområden, belägna utanför fjällkedjans region. Varje punkt: Ett avvattningsområde.

Abb. 1.  $E$  als Funktion von  $T$  in 25 schwedischen Abflussgebieten ausserhalb der Hochgebirgsregion. Jeder Punkt: Ein Abflussgebiet.



y-axeln och T-värdena utefter x-axeln. Resultatet blev en punktsvärm, som medelst regressionsanalys utjämnades till en rät linje, vars ekvation blev:

$$(1) \quad E = 220,9 + 30,4 T$$

Korrelationskoefficient:  $0,937 \pm 0,024$ . Betr. alla de vid beräkningarna använda data må hänvisas till *Tamm* (1954). — Den lucka i punktsvärmen, som förefinnes mellan T-värdena 2 och 3,9, beror uteslutande på att data för något nederbördsområde i detta intervall ej levererats från SMHI. *Turcs* ovan nämnda arbete (1954—55, s. 140) inbegriper ett par finska nederbördsområden i detta intervall. Dessas E-värden visade sig falla på eller mycket nära den rätta linjen i fig. 1, likaså ett par E-värden för svenska nederbördsområden, som förf. beräknade ur data från SMHI. Därmed ansågs ekv. (1) vara fullt tillfredsställande.

Eftersom P och T äro kända från ett stort antal punkter i Sverige kunde nu ett omfattande arbete med uträkning av E- och H-värden utföras. Ekv. (1) såväl som en tabell med ett begränsat antal med varandra korresponderande T-, P-, E- och H-värden framlades redan i den ovan nämnda uppsatsen (*Tamm* 1954). I tabellen hade dock P-värdena, i olikhet med de tidigare från SMHI levererade nederbördsmedeltalen för de 25 flodområdena, måst hämtas från *C. C. Walléns* (1951) undersökning, som omfattade en annan period, nämligen 1901—1930. Snart publicerades emellertid siffror för årsmedelnederbörden under den »rätta» perioden (1921—1950) av *Bergsten* (1954). Alla H-värden uträknades resp. omräknades härefter på basis av *Bergstens* siffror och utlades på en karta. På grundval av denna punktkarta upprättades sedan av fil. dr *Magnus Lundqvist* en karta med isolinjer för H-värdena, varom mera i det följande. Denna senare karta var redan färdigställd i koncept, när förf. fick kännedom om att ett material av data från ytterligare ett antal nederbördsområden publicerats och kunde utnyttjas.

*Härledning av en ny funktion.* 1955 utkom *R. Melins* viktiga bok: »Vattenföringen i Sveriges floder». I detta stora tabellverk finns siffror för flodernas medelavrinning i liter per sek. och kvadratkilometer av nederbördsområdet för perioden 1921—50, vilka kunna omräknas till mm per år och sålunda omvandlas till A-värden. Däremot funnos ej uppgifter om avvattningsområdenas årsmedelnederbörd.

Från *Melins* bok hämtades nu behövliga siffror utom T och P för alla sådana vattendrag, som uppfyllde de förut uppställda kraven, varvid totalsumman av godtagbara nederbördsområden steg till 54 stycken. En liten å i västra Värmland intill norska gränsen, *Röjdån*, som visade sig ge upphov till mycket besynnerliga värden, uteslöts efter en konsultation av byråchefen *C. C. Wallén* på SMHI, varvid denne klargjorde att nederbörden i Röjdåns starkt brutna avvattningsområde måste anses vara mycket otillfredsställan-

de känd. Det återstod sålunda nu ett material av inalles 53 användbara nederbördsområden.

Årsmedelnederbörden för de nytillkomna områdena måste bestämmas ur kartor. Tack vare medverkan av dr *Lundqvist* förfogade jag numera över en årsisotermkarta med  $0,5^\circ$ :s intervall i skalan 1:1 500 000, som var kal-kerad på en konceptkarta, upprättad för Atlas över Sverige. På denna årsisotermkarta lät dr *Lundqvist* inrita isohyeterna från *Bergstens* (1954) karta över årsmedelnederbörden i Sverige med 50 mm:s intervall. Även härvid betjänade han sig av en befintlig konceptkarta i större skala än den publicerade. Sedan flodområdena ovanför avrinningsstationerna inlagts på en genomskinlig karta i samma skala som arbetskartan med dess årsisotermtermer och årsisohyeter, kunde nu såväl T som P uträknas för de olika områdena enligt ovan angiven metod, dvs. planimetrering av figurer och uträkning av medelvärden, som grunda sig på vägning av arealer med olika T-, resp. P-värden. T nybestämdes även för de tjugofem gamla områdena, eftersom den nya arbetskartan hade isotermtermer med en halv grads intervall, vilket medger ökad säkerhet. Skillnaderna mellan de gamla och de nya temperaturbestämningarna i samma områden voro: i 11 fall 0; i 7 fall  $0,1^\circ$ ; i 5 fall  $0,2^\circ$  samt i vardera 1 fall  $0,3^\circ$  och  $0,4^\circ$ .

Från *Melins* bok noterades ytterligare följande data: Vattendragets namn och avrinningsstation, nederbördsområdets yta ovanför denna, dess sjöprocent, dess medelhöjd över havet, differensen mellan medelhöjden och maximihöjden, vilken i viss mån ger ett uttryck för topografiens grad av brutenhet och som åsattes beteckningen B, vidare A och E. Allt detta har samlats i tabell 1, där även återges de av förf. beräknade T-värdena för de olika nederbördsområdena ävensom dessas P-värden, av vilka 25 meddelats av SMHI (jfr ovan) och de övriga beräknats på ovan angivet sätt.

På grundval av värdena på E och T enl. tabell 1 inom de 53 nederbördsområdena upprättades nu diagrammet, fig. 2, och uträknades på samma sätt som ifråga om ekv. (1) en ny funktion, som fick följande form:

$$(2) \quad E = 225 + 28,1 T$$

Korrelationskoefficient:  $0,909 \pm 0,024$ . Denna blev sålunda något mindre än den förra men hade samma medelfel. Ekv. (2) kom till användning vid uträkning av E- och H-värden i en uppsats om Sydvästsveriges superhumida klimatområde (*Tamm* 1959). Den skulle emellertid ej bli den slutgiltiga.

På grund av att antalet användbara nederbördsområden ökat väsentligt, borde man ev. kunna påvisa inflytanden av *andra* faktorer än T på evapotranspirationen. Förf. hade tyckt sig på grafisk väg kunna spåra vissa tendenser ifråga om sjöprocenten och möjligen även betr. P och B, med vilken senare den allmänna höjden över havet är starkt korrelerad. Med anledning av allt detta överlämnades tabell 1 såväl som diagrammet, fig. 2, till Statens

Tab. 1. Vattendrag och nederbördsområden med tillhörande data.

Verzeichnis verwendeter Abflussgebiete mit deren benutzten Daten.

Vattendrag o. avrinningsstation Name der Flüsse und der Messstellen	Y	S	T	Hö	B	P	A	E
	km <sup>2</sup>	%	°C	m	m	mm	mm	mm
1. Lappträskån, Ytterholmen ...	1040	2,3	— 0,8	250	223	544	347	197
2. Råneälv, Niemisel .....	3770	3,3	— 0,8	285	294	534	342	202
3. Sangisån, Kukkasjärvi .....	502	8,7	— 0,4	130	126	530	347	183
4. Byske älv, Myrheden .....	2430	6,7	— 0,1	430	360	585	382	203
5. Åby älv, Björkliden .....	616	10,2	± 0,0	405	235	564	379	185
6. Öre älv, Nyåker .....	2760	2,5	+ 0,6	370	323	586	366	220
7. Sävarån, Stenfors .....	661	10,0	+ 0,8	270	216	588	325	263
8. Lögde älv, Hägnäs .....	1360	4,4	+ 0,8	375	323	610	364	246
9. Gide älv, Björnafallet .....	3020	5,0	+ 0,9	355	259	597	338	259
10. Moälven, Mellansel .....	1450	4,0	+ 1,2	285	308	609	341	268
11. Kåge älv, Kåge .....	897	2,5	+ 1,3	240	276	559	329	230
12. Gimån, Gimdalsby .....	2180	12,8	+ 1,3	365	190	544	278	266
13. Bure älv, Bodbyn .....	520	5,2	+ 1,4	190	182	586	322	264
14. Vanån, Vanåbodarna .....	2280	5,7	+ 2,1	405	288	692	382	310
15. Norsälven, Önnerrud .....	836	2,9	+ 2,2	335	248	760	461	299
16. Delångersån, Rolfsta .....	1830	11,3	+ 2,5	245	314	575	294	281
17. Voxna älv, Stagården .....	3700	6,1	+ 2,6	335	373	647	310	337
18. Harmångerån, Franshammar	660	3,6	+ 2,7	315	240	622	334	288
19. Lillälven, Borgärdet .....	1850	9,2	+ 3,3	290	221	614	313	301
20. Gavleån, Övre Gävle .....	2460	9,2	+ 4,0	160	346	635	266	369
21. Sverkestaån, Kårsbohammar	417	6,2	+ 4,2	180	158	719	348	371
22. Gullspångsälven, Åtorp .....	4420	10,8	+ 4,2	230	323	731	410	321
23. Kolbäcksån, Hallstahammar	2970	9,0	+ 4,3	210	274	671	276	395
24. Tämnarån, Odensfors .....	772	6,3	+ 4,3	52	48	585	209	376
25. Dyltaån, Hammarby .....	890	9,5	+ 4,5	185	238	741	382	359
26. Hedströmmen, Ekeby .....	1020	8,5	+ 4,6	155	217	664	307	357
27. Fyrisån, Uvlunge .....	263	2,6	+ 4,6	35	51	565	240	325
28. Huskvarnaån, Tokarp .....	603	8,2	+ 4,8	265	93	647	272	375
29. Östergötl. Svartå, Rövartorp	1920	12,8	+ 5,0	205	122	565	164	401
30. Vattholma å, Vattholma ...	284	4,8	+ 5,1	35	30	560	244	316
31. Olandsån, Fors .....	576	3,2	+ 5,2	27	20	550	218	332
32. Emån, Järnforsen .....	1900	8,3	+ 5,2	230	100	606	228	378
33. Tofstaån, Sölaryd .....	1210	9,6	+ 5,2	225	152	714	313	401
34. Nerikes Svartå, Hasselfors .	688	10,7	+ 5,3	ca 100	179	697	298	399
35. Åtran, Kila .....	2520	6,6	+ 5,3	190	171	872	474	398
36. Nissan, Johansfors .....	2440	5,3	+ 5,4	190	148	830	481	349
37. Velenån, Velen .....	47	9,0	+ 5,4	130	20	625	227	398
38. Stångån, Sättra .....	2230	11,2	+ 5,4	150	142	577	202	375
39. Nyköpingsån, Täckhammar .	3580	14,0	+ 5,5	50	151	571	187	384
40. Sörån, Rörvik .....	162	17,6	+ 5,5	220	90	667	253	414
41. Lagan, Århult .....	5480	10,2	+ 5,5	195	182	758	354	404
42. Alsterån, Getebro .....	1340	6,5	+ 5,6	185	96	573	243	330

Tabell 1, forts.

Vattendrag o. avrinningsstation Name der Flüsse und der Messstellen	Y	S	T	Hö	B	P	A	E
	km <sup>2</sup>	%	°C	m	m	mm	mm	mm
43. Botorpsströmmen, Junkerhova .....	321	12,4	+ 5,7	130	65	613	196	417
44. Ljungbyån, Källstorp .....	344	1,3	+ 5,8	150	88	621	247	374
45. Lyckebyån, Kättilsmåla ...	785	5,7	+ 5,8	150	101	610	234	376
46. Ronnebyån, Långgöl .....	985	9,0	+ 5,8	160	105	616	218	398
47. Mörrumsån, Mörrum .....	3370	13,4	+ 5,8	180	148	643	243	400
48. Helgeån, Möckeln .....	1010	12,2	+ 5,9	155	55	705	275	430
49. Viskan, Åsbro .....	2160	6,2	+ 5,9	140	187	881	468	413
50. Säveån, Solveden .....	1110	10,6	+ 6,0	130	150	772	405	367
51. Skräboån, Näsrum .....	700	9,4	+ 6,4	130	50	645	306	339
52. Bäljane å, Klippan .....	227	1,0	+ 6,4	90	54	770	417	353
53. Rönneå, N. Forsmöllan .....	943	5,3	+ 6,5	85	111	736	342	394

Förklaring till tab. 1:

Erklärung zur Tab. 1:

Y: Yta (Oberfläche); S: Sjöyta (Binnensee-Fläche); T: Årsmedeltemperatur (Mittlere Jahrestemperatur); Hö: Medelhöjd (Mittlere Höhe); B: Differens mellan maximi- och medelhöjd (Differenz zwischen grösster und mittlerer Höhe); P: Årsmedelnederbörd (Mittlerer Jahresniederschlag); A: Årsmedelavrinning (Mittlerer, jährlicher Abfluss); E: Årsmedelevapo-transpiration (Mittlere, jährliche Evapo-Transpiration).

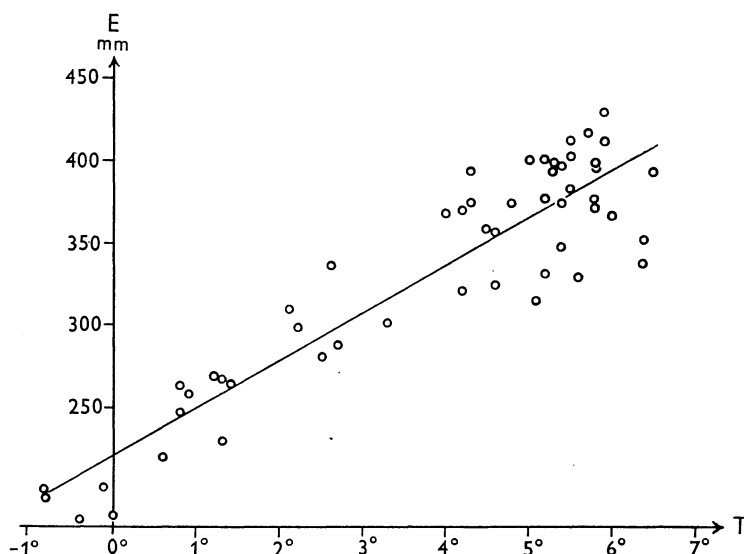


Fig. 2. Den årliga medelevapo-transpirationen, E, som funktion av årsmedeltemperaturen, T, inom 53 svenska floders avvattningsområden belägna utanför fjällkedjans region.

Varje punkt: Ett avvattningsområde.

Abb. 2. E als Funktion von T in 53 schwedischen Abflussgebieten ausserhalb der Hochgebirgsregion. Jeder Punkt: Ein Abflussgebiet.

Skogsforskningsinstitutets matematiker, fil. lic. *B. Matérn*, som godhetsfullt åtagit sig att granska siffermaterialet ur statistisk synpunkt och därvid söka konstatera ett eventuellt inflytande på E av någon annan faktor än temperaturen. *Matérns* redogörelse för sitt arbete, som inbegrep härledning av flera nya funktioner, följer här nedan, tryckt med mindre stil. Av dessa funktioner får (3) anses vara den lämpligaste vid beräkning av E.

## Redogörelser för vissa statistiska beräkningar

av

*B. Matérn*

### *Beteckningar och material.*

Evapo-transpiration i mm per år:	E
Luftens årsmedeltemperatur, °C:	T
Sjöprocent:	S
Årsmedelnederbörd, mm:	P
Brutenhetsindex (skillnad i meter mellan högsta höjd över havet och medelhöjd):	B

För vart och ett av 53 områden föreliggande observationer av E, T, S, P och B, se tabell 1.

*Uträkningar.* De observerade värdena på E ha utjämnats med några olika regressionsfunktioner.

När E framställs som en lineär funktion av enbart T, ger materialet följande samband:

$$(3) \quad E = 221,5 + 29,0 T$$

De 53 observerade E-värdenas spridning (standarddeviation) kring de enligt (3) beräknade uppgår till 27,8 mm, medan E-värdenas spridning kring materialets medeltal är 69,6 mm.

Om även S och ST medtages i utjämningsfunktionen, erhålles

$$(4) \quad E = 227,4 + 21,8 T + S (-0,869 + 0,900 T)$$

De observerade E-värdenas spridning kring (4) är 25,3 mm.

Om endast T och ST tages med, blir resultatet

$$(5) \quad E = 222,3 + T (22,7 + 0,737 S)$$

med spridningen 25,1 mm kring regressionsuttrycket.

Medelfelen till de i utjämningsfunktionerna uppträdande konstanterna framgå av tab. 2. Tabellen visar även resultatet av en utjämning vid vilken förutom de i (4) förekommande variablerna även P och B tagits med. Spridningen kring denna funktion, i tabellen betecknad som nr (6), är 24,3 mm.

**Tabell 2. Regressionsfunktioner.**  
*Regressionsfunktionen.*

	Funktion nr			
	3	4	5	6
Konstant term .	221,5±7,7	227,4±14,7	222,3±6,9	164,1±30,2
Koeff. för T ...	29,0±1,7	21,8±3,4	22,7±2,4	21,5±4,2
S ...		-0,869±2,184		-0,488±2,105
ST ...		0,900±0,459	0,737±0,207	0,851±0,446
P ...				0,087±0,052
B ...				0,039±0,053

Till komplettering visas i tab. 3 en uppställning i variansanalysform av utjämningsresultat. I tab. 3 figurerar även en sjunde utjämningsfunktion, i vilken ingå variablerna T, H och B. Den har beräknats endast för att man med dess hjälp skulle erhålla en i tabellens undre del intagen varianskvot.

*Kommentarer.* A) Analysen i tab. 3 ger ett signifikant utslag för E:s samvariation med S. Däremot erhålles ej något klart utslag för samvariation med P eller

**Tabell 3. Restkvadratsummor, frihetsgrader och medelkvadrater för regressionerna. Beräkning av varianskvoter.**

*Restquadratsummen, Freiheitsgrade und Mittelquadrate für die Regressionen. Berechnung von Variansquotienten.*

	Restkvadratsumma	Frihetsgrader	Medelkvadrat
<i>Variation kring:</i>			
medeltalet	251 827	52	4 842,8
funktion 3 (T) .....	39 346	51	771,5
4 (T, S, ST) .....	31 306	49	638,9
5 (T, ST) .....	31 408	50	628,2
6 T, S, ST, P, B) .....	27 737	47	590,1
7 (T, P, B) .....	35 595	49	726,4
<i>Differenser:</i>			
(7) — (6) .....	7 858	2	3 929
(4) — (6) .....	3 569	2	1 785
<i>Varianskvoter:</i>			
Testning av S:s inflytande: 3929/590,1=6,66.			
Testning av P:s och B:s inflytande: 1785/590,1=3,02.			

med B. Den partiella korrelationen mellan E och P (T, B, S och ST eliminerade) är dock såpass hög som +0,24; denna koefficients avvikelse från noll är dock, som redan antytts, icke signifikant.

Det bör inskjutas, att de gängse signifikanskriterierna inom regressionsanalysen — vilka här ha använts — bygga på vissa förutsättningar, vilka ofta inte äro uppfyllda i en serie av observationer från skilda geografiska områden. Dessa förutsättningar ligga bakom även de i tab. 2 intagna skattningarna av medelfel. Man måste därför ofta reservera sig i sådana sammanhang för att en signifikans kan vara mera formell än reell.

B) Funktionerna (4) och (5) skilja sig något åt i fråga om det sätt på vilket sjöprocentens inflytande uttryckes. Bakom båda kan följande förenklade modell sägas ligga. För avdunstningen från en vattenyta gäller

$$E_1 = a_1 + b_1 T$$

medan för evapo-transpirationen på land gäller

$$E_2 = a_2 + b_2 T$$

För ett område med sjöprocenten S skulle sålunda råda sambandet

$$E = \frac{S}{100} E_1 + \left(1 - \frac{S}{100}\right) E_2$$

Genom att sätta  $S=0$  och  $S=100$  i (4) får man följande uppskattningar av  $E_1$  och  $E_2$ :

$$E_1 = 140,5 + 111,8 T$$

$$E_2 = 227,4 + 21,8 T$$

Skillnaden mellan de konstanta termerna i ovanstående uttryck — 140,5 resp. 227,4 — är relativt liten i förhållande till sitt medelfel, vilket framgår av tab. 2. Det kan därför vara av ett visst intresse att göra en utjämning under antagandet  $a_1 = a_2$ . Denna hypotes innebär att evapo-transpirationen är oberoende av sjöprocenten då T är lika med noll. Det är en dylik utjämning, som givit ekvationen (5) ovan. Av denna erhålles:

$$E_1 = 222,3 + 96,4 T$$

$$E_2 = 222,3 + 22,7 T$$

Det bör nämnas att koefficienten för T i formeln för  $E_1$  har ett ganska högt medelfel ( $96,4 \pm 19,0$ ).

C) Spridningen kring utjämningsfunktionerna är som framgår av föregående avsnitt ca 25 mm. Detta belopp kan fattas som ett mått på spelrummet för observationsfel och i funktionen ej redovisat inflytande från olika faktorer, som kunna tänkas påverka evapo-transpirationen.

Om man på inom statistiken vanligt sätt delar upp E-värdenas varians i två komponenter finner man att de i den mest fullständiga av funktionerna, (6), medtagna faktorerna svara för 88 % av variationen i materialet, medan övriga faktorer samt mättningsfel svarar för 12 %. Enbart det genom (3) uttryckta inflytandet från T fångar upp 84 % av E-värdenas variation.

## Fortsatt diskussion angående evapo-transpirationen

*De viktigaste resultaten av M a t é r n s utredning.* Det framgår av denna att utom årsmedeltemperaturen även *sjöprocenten* har märkbar inverkan på E, medan övriga faktorer, som varit föremål för analys nämligen P

och B, vilken senare är starkt korrelerad med medelhöjden, icke uppvisa något *säkerställt* inflytande. Även sjöprocentens inverkan på E är emellertid obetydlig och gör sig föga gällande bredvid inflytandet av luftens årsmedeltemperatur. Man kan därför med fördel använda ekv. (3), som liksom ekv. (1) och (2) gäller för svensk normalterräng utanför fjällregionen med sjöarna inräknade. Normalt har ett nederbördsområde en sjöprocent av 7—8. — I detta sammanhang må påpekas, att det f. n. är omöjligt att få ett värde på *torvmarksprocenten* inom de olika nederbördsområdena. Denna samvarierar troligen med sjöprocenten och har måhända en viss, helt liten höjande inverkan på E.

Ekv. (3) skiljer sig obetydligt från ekv. (1) och (2). I det material av nederbördsområden, som ligger bakom (2) och (3) saknas den lucka mellan  $+2^{\circ}$  och  $3,9^{\circ}$ , som ovan berörts i samband med ekv. (1). Ekvationerna (1), (2) och (3) ge synnerligen nära varandra liggande E-värden. Spridningen i fig. 2 omkring den rätta linjen, som representerar ekv. (3), är emellertid något större än motsvarande linje i fig. 1, som representerar ekv. (1). Det ser ut som om de först bearbetade tjugofem områdena ha råkat vara något »bättre» än de senare tillkomna. Skillnaden mellan E-värden, som beräknats medelst ekv. (3) och ekv. (1) för olika T-värden framgår av tabell 4. De måste anses vara mycket obetydliga, vilket särskilt framträder, när man räknar procentiskt. Det föreligger därför ingen anledning att göra om det omfattande räkne- och ritarbete, som redan hunnit genomföras med hjälp av ekv. (1), innan ekv. (3) blivit härledd. Dessutom kan man faktiskt

*Tab. 4. E-värden, beräknade för olika temperaturer, med ekvationerna (3) och (1).*

*E bei verschiedenen T-Werten, mit Ekv. (3) und (1) berechnet.*

T °C	$E_{(3)}$ mm	$E_{(1)}$ mm	$E_{(3)} - E_{(1)}$ mm	$\frac{2(E_{(3)} - E_{(1)})}{E_{(3)} + E_{(1)}} 100$ %
— 1	192,5	190,6	+ 1,9	1,0
0	221,5	220,9	+ 0,6	0,2
+ 1	250,5	251,4	— 0,9	0,4
+ 2	279,5	281,8	— 2,3	0,8
+ 3	308,5	312,2	— 3,7	1,1
+ 4	337,5	342,6	— 5,1	1,5
+ 5	366,5	373,0	— 6,5	1,8
+ 6	395,5	403,4	— 7,9	2,0
+ 7	424,5	433,8	— 9,3	2,2



ej med full säkerhet (jfr ovan) påstå att ekv. (3) återger verkligheten *bättre* än (1). De kartor, som i det följande skola framläggas, äro baserade på *beräkningar med hjälp av den redan år 1954 publicerade ekv. (1)*. Dock får i och för *kommande* beräkningar ekv. (3), anses vara den lämpligaste, tills en ekvation, grundad på ännu bättre material, kan åstadkommas.

*Relationer mellan E och De Martonnes index.* Ångström (1958, s. 75) har gjort några intressanta deduktioner med utgångspunkt från ekv. (1). Han har påvisat ett approximativt samband mellan E-värdet och *De Martonnes* tal, som sålunda därvid får en önskvärd fysisk innebörd. Hans deduktioner låter sig med ännu något större fördel genomföras på basis av ekv. (3). Denna kan skrivas på följande sätt:

$$E = 29,0 (T + 7,64)$$

Ångströms utgångspunkt är att uttrycket  $(T + 7,64)^1$  mycket liknar nämnaren i *De Martonnes* funktion,  $(T + 10)$ . Om *De Martonnes* tal betecknas med  $H_M$  kunna vi härleda följande relation och därmed demonstrera Ångströms tankegång:

$$\frac{H_M}{29,0} = \frac{P}{a \cdot E}$$

där a har betydelsen:  $\frac{T + 10}{T + 7,64}$ . Detta senare uttryck varierar obetydligt med T (inom Sverige). Det kan därför med hänsyn till de approximationer och utjämningar, som ingå i de använda formlerna, betraktas som någorlunda konstant för svenska förhållanden. *De Martonnes* tal,  $H_M$ , blir då direkt proportionellt mot förhållandet mellan årsmedelnederbörden och årsmedelevapo-transpirationen. Proportionalitetsfaktorn blir 24. Vid  $P = E$ , alltså den punkt som är gränsen mellan humida och arida klimatförhållanden, blir *De Martonnes* tal 24. (Med Ångströms siffermaterial blir det 25.)

I och med Ångströms ovan berörda deduktioner har sålunda *De Martonnes* årstal fått en betydelse, som påminner om A. Walléns ovan citerade uttryck,  $P : E$ , vilket senare genom multiplikation med 24 övergår i *De Martonnes* tal.

I detta sammanhang må påpekas, att också Turc (1954—55, s. 115) har nått ett liknande resultat. Han konstaterade, att *De Martonnes* tal i sin ursprungliga form är approximativt proportionellt mot förhållandet  $P : L$  inom klimatområden, vilkas T-värden röra sig mellan 0 och 15. I ett klimat av Sveriges typ kan enligt Turc L utbytas mot E och därmed är saken för vårt land uppvisad.

<sup>1</sup> Dvs. dess motsvarighet vid användning av ekv. (1):  $(T + 7,4)$ .

Som ett tillägg till *Ångströms* och *Turcs* synpunkter härövan må framhållas, att man med viss fördel kan utbyta *De Martonnes* funktion mot följande:

$$(8) \quad H_q = \frac{P}{T + 7,64}$$

I denna ekvation är  $H_q$  ett nytt uttryck för humiditetsgraden, som mycket liknar *de Martonnes* och har betydelsen  $\frac{29,0 \cdot P}{E}$ . Detta uttryck är giltigt i Sverige utan de approximationer som är förenade med faktorn  $a$  här ovan.  $H_q$  antager värdet 29,0 när  $E$  är lika med  $P$ , alltså vid gränsen mot det arida klimatet.

Trots att talet  $H_q$  obestridligen har vissa förtjänster, saknas anledning att frånga uttrycket  $(P-E)$  som ett mått på klimatets allmänna humiditetsgrad inom Sverige. Däremot torde måhända  $H_q$  kunna förtjäna att tagas upp till diskussion när det sedermera blir fråga om att karakterisera enskilda månaders eller årstiders humiditetsförhållanden.

*Schofield's synpunkter på evapo-transpirationen.* Denne forskare (1956, s. 62) har gjort gällande att lufttemperaturen är ett mindre gott uttryck för själva energitillförseln till mark och vegetation, när man anställer jämförelser mellan terränger på olika nivåer över havet. Energitillförseln varierar nämligen enligt *Schofield* avsevärt med flera andra faktorer, vilka ej komma till uttryck i *T. Turc* (1954—55, s. 48—49) har ingående diskuterat dessa problem. Han framhåller följande fem faktorer, som måste inverka på  $E$  vid stigande höjd över havet, bortsett från inflytandet av den fallande temperaturen,  $T$ :

1. Ökad avdunstning tack vare sjunkande lufttryck.
2. Ökad avdunstning tack vare intensivare instrålning till marken.
3. Genom att snötäcke är vanligare på höga nivåer, reflekteras där bort en större del av den infallande solenergien, vilket minskar avdunstningen.
4. Genom att nederbörden faller vid lägre temperaturer i höglägen minskas avdunstningen därstädes.
5. Genom att bruten topografi är vanligare på höga nivåer befordras där snabb avrinning, vilket minskar avdunstningen.

Vissa av dessa faktorer motverka andra. Den med stigande höjd sjunkande lufttemperaturen är visserligen ett uttryck för en allmänt sjunkande energitillförsel till de marknära luftlagren, men tack vare de nämnda strålnings- och avdunstningsförhållandena kan det tänkas uppstå små oregelbundenheter. För att kunna påvisa ett höjdlägesinflytande, bortsett från det som kommer till uttryck i sjunkande  $T$ -värden, måste man emellertid enligt *Turc* arbeta med stora höjddifferenser såsom t. ex. i Alperna. I Sverige utan-

för fjällregionen äro uppenbarligen höjdskillnaderna alldeles för små. *Matérn* kunde ej heller påvisa något inflytande på E av B, som också är ett mått på höjden över havet. Av de 53 nederbördsområden, som ligga till grund för ekv. (3) ligger medelnivån för 44 stycken mellan 100 och 400 m ö. h. För tre stycken ligger den obetydligt över 400 m, för sex stycken under 100 m. Man kan ej förvänta något märkbart inflytande av höjdläget i detta material, bortsett från det som kommer till uttryck i T.

*Turcs (1954—55) undersökningar över vattenbalansen i marken och relationerna mellan nederbörd, evapo-transpiration och avrinning.* Dessa undersökningar grunda sig dels på observationer av nederbörd och avrinning i flodområden, dels på lysimeterundersökningar. De förstnämnda äro av det största intresset i föreliggande sammanhang. *Turc* meddelar data från 254 flodområden, som han delat upp på regioner spridda över hela världen. Han konstaterar först inledningsvis, att, när man ser problemet universellt, måste E framför allt vara beroende av T och P. Det gäller alltså att närmare studera funktionen  $E=f(P, T)$ . Förmedelst en ingående matematisk analys, varvid avrinningen från undersökta flodområden ständigt användes som kontroll, kommer *Turc* fram till följande ekvationssystem:

$$(9) \quad \left\{ \begin{array}{l} E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \\ L = 300 + 25 T + 0,05 T^3 \end{array} \right.$$

Förutsättning för giltigheten av ekv. (9) är att  $\frac{P^2}{L^2}$  är mindre än 0,1. Eljest sättes  $E=P$ , vilket innebär att gränsen mot det arida klimatområdet överskridits. Symbolen L har följande betydelse: I ett aritt klimat stiger E proportionellt mot P, om klimatet ändras i riktning mot minskad ariditet. Småningom nås det humida området och i detta ett maximivärde för E, som ej längre stiger, såvida T är konstant. Detta maximivärde har betecknats med L och kan anses vara en funktion uteslutande av T inom en viss klimattyp. — Här må inskjutas att en liknande tankegång har *R. Melin* muntligt meddelat förf.; densamma torde vara allmän bland våra hydrologer.

*Turc* har vidare kommit fram till följande relation, varvid han ersätter L med  $\lambda$  för att därmed markera att den blott är giltig inom ett begränsat område, där T är mindre än 14° och P större än 500 mm (*Turc*, sid. 16).

$$(11) \quad \lambda = 280 + 25 T$$

Man konstaterar dels att den klimattyp, som *Turc* här avser, inbegriper Sveriges klimat, bortsett från några obetydliga stråk, där P ligger under 500 mm. Man lägger också märke till den slående likheten mellan *Turcs*

ekvation och ekvationerna (1), (2) och (3). Inom Sverige kan man i regel ersätta  $\lambda$  i ekv. (11) med E. — *Turcs* allmänna analys av E:s beroende av P och T har således för vårt lands vidkommande fört fram till en relation av samma typ som de på mätningar i svenska flodområden grundade ekvationerna (1), (2) och (3). Någon anledning att i vårt land frånga dessa till förmån för ekv. (11) föreligger icke, enär de förra mycket bättre ansluta sig till avrinningen och avdunstningen i svenska vattendrag. De 53 flodområden, som ligga till grund för ekv. (3) utgöra f. ö. ett betydligt mera homogent och därför i vissa avseenden bättre material än det, som *Turc* arbetat med.

*Turcs* undersökningar över E, A, P och T bekräfta det tillåtliga i de kalkyler, som ovan framlagts. Hans omfattande verk innehåller kritiska diskussioner av ett stort antal tänkbara inflytanden på E, vanligen illustrerade med grafiska diagram. Allt detta ger en god grundval för fortsatta studier inom olika delar av världen. Dessutom har han i den senare delen av sin avhandling knutit samman resultaten av lysimeterundersökningar med det övriga på ett mycket förtjänstfullt sätt.

## Framställning av en karta över evapo-transpirationen i Sverige

Ekv. (1), (2) eller (3) medge en kartografisk framställning av E inom Sverige utanför fjällregionen. På grund av skäl, som ovan anförts, användes i föreliggande arbete ekv. (1). För att komma fram till isolinjer för E, insattes successiva E-värden med 50 mm:s intervall i ekv. (1) och de korresponderade T-värdena uträknades, se tab. 5:

*Tab. 5. E-värden med korresponderande T-värden.*

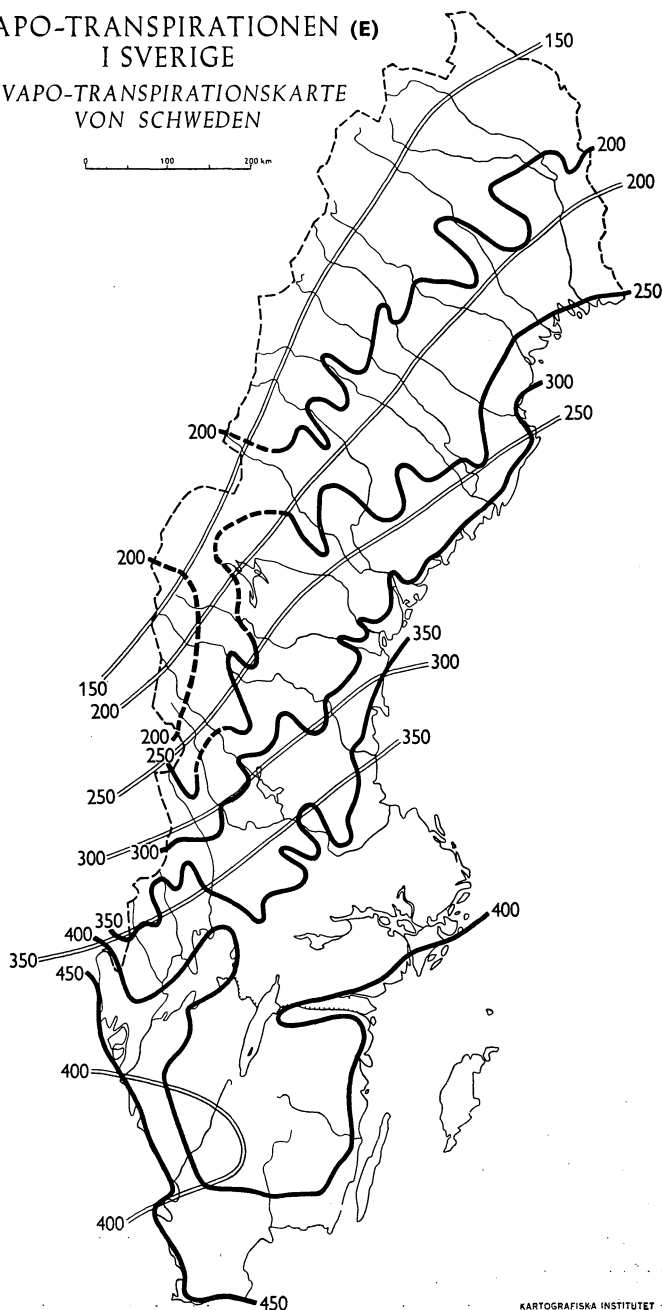
*E-Werte mit den entsprechenden T-Werten.*

E	T
450 mm	7,54°
400	5,89
350	4,25
300	2,60
250	0,95
200	—0,69

På en karta över Sverige ritades nu av dr *Lundqvist* isotermer, se fig. 3, för de i tabell 5 återgivna T-värdena med tjocka, helsvarta linjer. För jämförelses skull har på samma karta inlagts de ovan nämnda isolinjerna för

# EVAPO-TRANSPIRATIONEN (E) I SVERIGE

EVAPO-TRANSPIRATIONSKARTE  
VON SCHWEDEN



KARTOGRAFISKA INSTITUTET

Fig. 3. Karta över den årliga medelevaporo-transpirationen i Sverige i mm. De svarta isolinjerna (enl. *Tamm*) grundas sig på ekv. (1). De äga »isotermkaraktär», dvs. de ha dragits såsom isotermer, korresponderande med E-värden med 50 mm:s intervall, se tabell 5. De ljusa dubbellinjerna äro isolinjer för evapo-transpirationen (enl. *Bergsten*), vilka ha åstadkommits med hjälp av undersökningar i flodområden.

Abb. 3. Karte über die mittlere jährliche Evapo-Transpiration in Schweden. Schwarze Linien: Isolinien (nach *Tamm*), mit der Gleichung (1) berechnet. Sie haben »Isothermcharakter». Doppellinien: Isolinien (nach *Bergsten*), auf Untersuchungen in Abflussgebieten gegründet.

evapo-transpirationen enligt *Bergsten* (1954, s. 7) medelst ljusa dubbel-linjer. Dessa senare grunda sig på avrinning och avdunstning inom hela flodområden; i fjällregionen till stor del på grundval av de ingående undersökningar över vattenhushållningen, som utförts av *R. Melin* (1942) inom Malmagens fjällområde.

Avvikelserna mellan *Bergstens* isolinjer för E och de nya av »isoterm-karaktär» äro av stort intresse. Beträffande linjerna för 200, 250, 300 och 350 mm måste överensstämmelsen anses vara god. Som sig bör, ge de nya isolinjerna en mera detaljerad bild av evapo-transpirationen än *Bergstens*. I Norrland bukta de något in i de stora ådalarna, där E-värdena otvivelaktigt äro högre än på vattendelarna. Inom fjällregionen är däremot *Bergstens* metod den enda användbara. Redan i en zon nära fjällkedjan blir isoterm-metodens resultat av flera olika skäl osäkra, vilket har antytts genom att isolinjerna därstädes streckats.

Söder om norrlandsterrängens gräns har isoterm-metoden givit en långt mer detaljerad och nyanserad bild av evapo-transpirationen än den gamla metoden. Orsaken är klar. Inom de smala kustslätterna finnas ej många undersökta flodområden. Smålands, Blekinges och Hallands åar ha största delen av sina nederbördsområden inom det sydsvenska inlandet, de representera endast till ringa del själva kustremsan. Enligt *Bergstens* karta skulle Skåne ha ett E-värde lägre än 400 mm, något som förefaller egendomligt med hänsyn till att flera flodområden i angränsande landskap enligt hydrologernas mätningar ligga *över* detta värde. Tydligtvis ger isoterm-metoden en sannare bild av E i Sydsverige än vad den äldre metoden förmår. — Det må i detta sammanhang påpekas att man på SMHI länge plägat nöja sig med ett grovt överslagsvärde för E söder om norrlandsterrängens gräns, nämligen 360 mm (*Tryselius* 1946), vilket värde enligt *Bergsten* (1950) bör höjas med 10 procent.

*Några allmänna slutsatser om evapo-transpirationen.* De ur T beräknade E-värdena gälla uppenbarligen svensk normalterräng utanför fjällregionen. Om man drar från de största, välodlade slättbygderna, kan man anse att omkring 63 % av arealen utanför fjällregionen är skogbevuxen, omkring 21 % är täckt av torv, omkring 8 % av sjöar och vattendrag, omkring 4 % av odlad jord, lika mycket av hållmark och bergbunden mark. Sjöarna höja något E-värdena, hållmarkerna och möjligen också den odlade jorden sänka dem något. Torvmarkerna höja troligen E-värdena något men i så fall, betydligt svagare än vad de fria vattenytorna förmå. Man finner sålunda att de funna E-värdena (se fig. 3) äro representativa, om ock approximativa uttryck för evapo-transpirationen inom vårt lands skogbevuxna moränterrängar.

I och med upprättandet av ekvationerna (1) och (3) har problemet om

beräkning av evapo-transpirationen,  $E$ , ur årsmedeltemperaturen fått en för vårt lands vidkommande enkel och tillfredsställande, om ock approximativ lösning, vilket senare f. n. är det enda möjliga. På basis av detta resultat är det nu möjligt att via differensen  $P-E$  nå fram till ett gott uttryck även för klimatets humiditetsgrad.

### Beräkning av humiditetstal och upprättande av en punktkarta över humiditeten

Ovan har visats att  $E$  kan beräknas med ekv. (1) resp. (3) för alla punkter där  $T$  är känd. Av ovan anförda skäl har  $E$  vid kartframställningarna beräknats ur  $T$  med hjälp av ekv. (1). Sedan har differensen  $P-E$ , dvs.  $H$ , uträknats. Lufttemperaturen är känd genom observationer på ett relativt fåtal platser (se *Ångström*, 1938), men dess årsmedelvärde,  $T$ , kan för vilken punkt som helst, beräknas ur breddgrad, höjd över havet och eventuella temperaturanomalier med hjälp av funktioner, givna av *Ångström* (1938). Uppskattningen av årsanomalien sker med hjälp av *Ångströms* karta över denna. Vid en sådan uppskattning kommer en ny felkälla in, som i enstaka fall torde kunna stiga till högst en halv grad, men som i allmänhet är mycket mindre eller obefintlig. — Många punkter för bestämning av  $E$  och  $H$  ha lagts på års-isotermer, där  $T$  kan anses vara känd.

Nederbörden i vårt land observeras vid omkring 600 stationer och tid efter annan ger SMHI ut kartor över års-isohyeterna i Sverige, senast genom *Bergsten* (1954) med 50 mm:s intervall för perioden 1921—50. En allvarlig sak är att lokala oregelbundenheter i nederbörden ofta förorsakas av topografien, vilket gör värdena från vissa stationer föga representativa. Dessa »fel» torde emellertid vara mindre för punkter, som utväljas på kartornas utjämnade kurvor.

Alla fel i  $E$ - såväl som  $P$ -värdena befordras emellertid till  $H$ -värdena och summeras därstädes. Denna sak torde vara  $H$ -värdenas förnämsta svaghet. Det är en av de omständigheter, som måste beaktas vid användning av humiditetstalen. — I detta sammanhang må påpekas den allmänna osäkerhet betr. alla meteorologiska data, som vidlåder vattendelarområdena i det inre Norrland, särskilt Lappland, och vilket sammanhänger med stationsnätets gleshet därstädes. Här må citeras ett uttalande av *Ångström* (1958, s. 76), som skriver i anslutning till en diskussion om humiditetstal och därpå grundade kartframställningar: »Dessa tal äro alla resultat av en del ganska grova utjämnningar och approximationer. De äro emellertid av vikt för att ge en allmän uppfattning om innebörden av humiditetsberäkningar och kartframställningar av det slag, som vi ovan meddelat.» Man

får sålunda gå fram med försiktighet och ej fästa avseende vid smärre skillnader i H-värdet, t. ex. 20 mm och därunder, när man jämför olika platsers humiditetsförhållanden. Endast i sådana fall, där humiditetsgraden tydligt till- eller avtager i en bestämd riktning, kunna sådana små differenser anses vara signifikativa. Emellertid äro skillnaderna i humiditetsgrad mellan olika områden i Sverige ofta så stora och framvisa en så tydlig »gång» i bestämd riktning, att man vid upprättandet av en karta får fram en nyanserad helhetsbild med inre sannolikhet.

I tabell 6 har samlats värden från några representativa stationer. I denna tabell äro E och H uträknade både med hjälp av ekv. (1) och ekv. (3). De ha betecknats med  $E_{(1)}$  och  $E_{(3)}$  resp.  $H_{(1)}$  och  $H_{(3)}$ . Stationerna ha valts så att de inbegripa några serier, som ligga ungefär på samma latitud, men som framvisa stora skillnader i H-värdet. En sådan serie är Kalmar—Växjö—Esmared i södra Sverige och Rönnskär—Malå—Juktfors i Nordsverige.

På Pl. 1, äro samtliga, inalles 1 172 använda punkter inlagda på en karta över Sverige med angivande av resp. humiditetstal. Eftersom under arbetets gång gränsen för fjällregionen kom att flyttas något österut, stämmer ej antalet punkter med ett tidigare (*Tamm* 1956 a) uppgivet tal: 1 263. I denna senare siffra ingår även ett trettiotal punkter, som vid det preliminära arbetet råkat bli dubbelräknade.

De 1 172 slutgiltiga punkterna fördela sig på följande kategorier:

1. 177 punkter, som äro både temperatur- och nederbördsstationer. De äro på kartan återgivna med stora, fyllda, svarta cirklar.
2. 417 punkter, som äro enbart nederbördsstationer. T har uträknas ur latitud, höjd och anomali enligt *Ångström* (1938). Ofyllda, svarta cirklar.
3. 509 punkter, som äro skärningspunkter mellan årsisotermer och årsisohyeter på en arbetskarta i skalan 1: 1 500 000, som upprättats av dr *Magnus Lundqvist*. Små svarta cirkelpunkter.
4. 69 punkter, vilka på kartan angivits med blå trianglar, dels fyllda, dels ofyllda. Vid anbringandet av teckenförklaringen på själva kartan, råkade densamma på grund av ett förbiseende bli ofullständig. De 69 punkterna ha i själva verket vunnits medelst tre i stället för två metoder, vilket senare är angivet på kartan. Dessa metoder äro:
  - a. Punkten valdes på en isotherm, P har interpolerats från isohyeter (mer än hälften av antalet).
  - b. Punkten valdes på en isohyet. T beräknad (enl. *Ångström*).
  - c. Punkten valdes å en jämn terräng mellan två isohyeter, T ber. (enl. *Ångström*), P interpolerad från isohyeterna.

För kartframställningen torde det vara likgiltigt, vilken av de tre metoderna inom grupp 4, som har kommit till användning. De ha alla visat sig ha ett visst värde<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Vid reproduktionen råkade färgen i vissa trianglar dessutom flyta samman, så att det blivit svårt att skilja mellan fyllda och ofyllda trianglar.



Tab. 6. *E- och H-värden för några svenska orter.**E- und H-Werte für einige Schwedische Orte.*

	Lat.	Hö	T	P	E <sub>(1)</sub>	E <sub>(3)</sub>	H <sub>(1)</sub>	H <sub>(3)</sub>
		m	C°	mm	mm	mm	mm	mm
Gällivare .....	67°50'	358	— 0,6	545	203	204	342	341
Pajala* .....	67°10'	176	— 0,4	477	209	210	268	267
Haparanda .....	65°50'	7	+ 1,0	572	251	251	321	321
Juktfors* .....	65°17'	430	— 0,3	707	213	212	494	495
Malå .....	65°11'	320	— 0,2	502	215	216	287	286
Rönnskär* .....	65°03'	5	+ 2,3	418	291	288	127	130
Kulbäcksliden* .....	64°15'	200	1,9	523	279	277	244	246
Umeå .....	63°47'	11	2,6	603	300	297	303	306
Östersund .....	63°10'	333	2,4	531	294	291	237	240
Sveg .....	62°05'	356	1,7	562	273	271	289	291
Bjuråker .....	61°50'	66	3,7	524	334	329	190	195
Lillhamra* .....	61°40'	425	1,8	745	276	274	469	471
Transtrand* .....	61°05'	355	2,3	769	291	288	478	481
Norrundet* .....	60°55'	5	5,0	465	373	367	92	98
Siljansfors .....	60°50'	260	3,2	705	318	314	387	391
Rankhyttan* .....	60°30'	130	4,5	500	358	352	142	148
Bjurfors* .....	60°10'	125	4,6	661	361	355	300	306
Uppsala .....	59°50'	24	5,2	562	379	373	183	189
Filipstad .....	59°40'	141	4,7	769	364	358	405	411
Karlstad .....	59°20'	47	5,9	639	400	393	239	246
Stockholm .....	59°20'	44	5,9	579	400	393	179	186
Örebro .....	59°15'	51	6,1	622	407	398	215	224
Linköping .....	58°30'	96	6,3	528	413	404	115	124
Skara .....	58°25'	117	5,5	609	388	381	221	228
Visingsö* .....	58°10'	110	6,2	431	409	401	22	30
Jönköping .....	57°50'	97	6,3	556	413	404	143	152
Flahult .....	57°40'	224	4,8	711	367	361	344	350
Göteborg .....	57°40'	16	7,7	669	455	445	214	224
Visby .....	57°40'	28	6,9	510	431	422	79	88
Buttle, Gtl. ....	57°25'	48	6,1	620	406	398	214	222
Esmared, Hall.* .....	56°43'	170	6,0	1120	403	396	717	724
Växjö .....	56°50'	183	6,3	670	413	404	257	266
Kalmar .....	56°40'	7	6,8	475	428	419	47	56
Mörbylånga .....	56°30'	5	6,6	521	422	413	99	108
Karlshamn .....	56°10'	7	7,2	570	440	430	130	140
Kristianstad .....	56°05'	6	7,5	593	449	439	144	154
Lund .....	55°40'	38	7,2	603	440	430	163	173
S:t Olof* .....	55°40'	110	6,6	793	422	413	371	380
Malmö .....	55°40'	3	7,7	555	455	445	100	110

Förklaring till Tab. 6 (Erklärung zur Tabelle 6):

Lat.: Breddgrad (Breite); Hö: höjd (Höhe ü. M); T: årsmedeltemperatur<sup>1</sup> (Mittlere Jahrestemperatur); E: Årsmedelevapo-transpiration (Mittlere, jährliche Evapo-Transpiration); H: Humiditetstal (Humiditätszahl). (1), (3): talet uträknat med ekv. (1) resp. (3). (Die Zahl ist mit (1), resp. (3) ausgerechnet).

<sup>1</sup> Årsmedeltemperaturen grundar sig på SMHI:s observationer utom betr. de med \* försedda orterna, där den beräknats. Betr. nederbörden i Esmared, se Tamm (1959).

## Upprättande av en karta med isolinjer för humiditetstalet

Sammanställandet av en humiditetskarta med isolinjer för var femtionde mm (Pl. 2) på grundval av punktkartan övertogs av dr *Magnus Lundqvist*. Denne, som tidigare upprättat ett stort antal meteorologiska kartor, senast i »Atlas över Sverige», har därvid kunnat utnyttja den stora sakkunskap vid kartografisk återgivning av klimatologiska data, som han förvärvat genom sina tidigare kartframställningar i samarbete med SMHI. — Dr *Lundqvist* har stundom förkastat en och annan punkt på Pl. 1, som ej synts passa samman med harmoniskt dragna isolinjer eller som skulle framtvinga antagandet av små, slutna områden av en viss humiditetsgrad omkring en enda nederbördsstation, vars P-värde av våra meteorologer ej tillåtit att inverka på dragningen av årsisohyeterna. Dessa »förkastade» punkter voro från början ett femtiotal, vilket av dr *Lundqvist* ej ansågs vara på något sätt anmärkningsvärt. Härom mera nedan.

Eftersom fjällregionen måste uteslutas, gällde det att fastställa en lämplig östgräns för densamma. Ursprungligen valdes isolinjen för 500 mm. Vid slutredigeringen av kartan visade sig emellertid 400 mm:s linjen vara lämpligare. Denna är gränsen mellan den s. k. normal-humida regionen (se nedan) och fjällregionen, inom vilken senare nederbörd och humiditet äro starkt växlande och dessutom endast summariskt kända, baserade som de mestadels äro på ett glest stationsnät och därtill hydrologiska observationer. Allra längst i norr, fr. o. m. norra stranden av Torne träsk till den norska och finska gränsen, har använts 300 mm:s-linjen. Väster om denna består terrängen av fjäll med låg nederbörd, enligt våra meteorologers antaganden ungefär 450—550 mm, vilket motsvarar en humiditetsgrad av blott 300—350 mm. Även i närheten av fjällregionen ehuru i stort sett öster om densamma, måste humiditetstalet anses vara mycket osäkert, vilket på kartan antydes genom att isolinjerna, främst 400 mm:s-linjen, här ha ritats streckade.

Av det anförda följer en omständighet av betydelse vid användning av kartan, Pl. 2. Den heldragna isolinjen för H-värdet 400 mm i S. och Mellersta Sverige har på kartan, Pl. 2 en något olika betydelse jämfört med motsvarande streckade isolinje i Norrland och Övre Dalarna. Den förra är gräns mellan ett normal-humitt område (normalhumid, se nedan under humiditetsregioner) och ett starkt humitt område inom vilket senare växlingarna i humiditetsgrad markeras av isolinjer vid 450, 500, 550 och 600 mm. Den senare, alltså den streckade 400 mm:s-linjen i Norrland och övre Dalarna, är gräns mellan ett normal-humitt område och ett starkare humitt, inom vilket senare växlingarna i humiditetsgrad äro mycket stora, från

400 mm till omkring 1 500 mm, men i detta område är det f. n. omöjligt att konstruera några isolinjer för humiditetstal.

*Diskussion av de vid isolinjernas uppdragande »förkastade» punkterna.* Vid förflyttningen av fjällregionens gräns på kartan (se ovan) bortföll ett antal av de »förkastade» punkterna, så att endast 32 stycken återstodo. Detta relativt stora bortfall sammanhänger utan tvivel med att observationsmaterialet i fjällens närhet är sparsamt och mindre representativt. Av de återstående hade femton blott ett obetydligt »fel», mindre än 20 mm. Med fel förstås här en positiv eller negativ avvikelse som gör att punkten ifråga ej passar in i kurvsystemet. Dessa relativt små fel ansågs ej behöva diskuteras.

Av de återstående 17 punkterna tillhör en kategori 1: den meteorologiska stationen Kedjeåsen 165 m ö. h., NE om Kristinehamn med ett fel av 56 mm. I detta område stiger nederbörden mycket snabbt från Vänerns strand mot Bergslagens högre, relativt starkt kuperade delar. Av topografiska skäl blir här en ensam punkt föga representativ.

Av de återstående 16 punkterna tillhörde tretton stycken kategori 2, dvs. de voro sådana meteorologiska stationer, där enbart nederbörderna observeras. Sju av dessa ligga i storkuperad norrlandsterräng, nära fjällregionen, dvs. deras P-värden äro sannolikt föga representativa. — En station, Gisselås i Jämtland, med ett H-värde av 259 mm och ett fel av 41 mm ligger helt nära en annan station med H-värdet 305 mm, vilken senare tydligtvis fått vara den vägledande vid uppdragandet på kartan av närmaste isolinje. — Tre stationer ligga intill norska gränsen i nordvästra Värmland i storkuperad terräng, där nederbörden (jfr ovan betr. Röjdån) är mycket otillförlitligt känd. — Av de återstående är det en som har ett ganska obetydligt fel (24 mm), medan en annan, Kölaråsen på 340 m ö. h. i västra Dalarna nära Värmlandsgränsen har det största felet av alla, 126 mm. Det torde här ganska säkert finnas ett litet isolerat område med mycket hög nederbörd (856 mm) och humiditet (526 mm), fastställt blott genom denna enda station, som av någon anledning ej tillåtits inverka på SMHI:s nederbörds-kartor (jfr *Bergsten* 1954). — En bergslagsstation, Stjärnfors, med ett fel av 66 mm, ligger i ett område, där nederbörden varierar mycket starkt med topografien. — Det är tydligt att *samtliga större fel* gälla punkter i områden med starkt varierande, topografiskt betingad nederbörd.

Inom kategori 3 finnas blott tre punkter med »fel» över 20 mm. Alla felen äro ganska små (29, resp. 29 och 38 mm). En av punkterna ligger nära fjällregionen. Ifrågavarande punkter äro ju ej strängt fixerade i terrängen. En liten förflyttning kan mycket väl tänkas vara berättigad, varvid felet kan minska. Det ringa antalet fel i denna kategori vittnar om det lämpliga i att begagna skärningspunkter mellan isotermer och isohyeter. De värden

på P, som man utläser från dessa skärningspunkter, äro resultat av en serie utjämnningar, som gör att de i åtskilliga fall komma verkligheten mera nära än de meteorologiska stationernas värden, en uppfattning, som hävdats av dr *Lundqvist*. Ett liknande förhållande gäller kanske också punkterna inom kategori 4. Här ha inga punkter med »fel» påträffats, vilket dock kan förklaras av det ringa antalet punkter över huvud taget.

Detaljgranskningen av de med relativt stora »fel» behäftade punkterna på kartan, Pl. 1, har således fört till det resultatet att punktvärdenas avvikelser från enligt isolinjerna acceptabla tal med lätthet kan förklaras på grundval av den lokala topografien. Man kan med anledning härav våga påståendet att det nät av punkter med känt humiditetstal, som åstadkommits, är förhållandevis gott och att man f. n. knappast kan få fram något väsentligt bättre med utgångspunkt från befintligt meteorologiskt observationsmaterial. Kartan över isolinjerna bör då också vara godtagbar.

### Humiditetstalens användbarhet inom åkerslätt-områden

Föreliggande undersökning vilar på ett material av nederbördsområden, som representera skogbevuxen, svensk normalterräng företrädesvis bildad av urbergsmorän. Kunna då de vunna resultaten också tillämpas på välodlade slätter? Detta är en fråga av intresse bl. a. för vårt jordbruk. Här må först påpekas, att det i Sverige knappast föreligger något material av vattenområden, som med tillfredsställande grad av säkerhet kan belysa jordbruksslättornas humiditetsförhållanden.

I preliminära uppsatser (*Tamm* 1954, 1956 a) har förf. iakttagit försiktighet betr. generalisering av E- och H-värden till att gälla öppen åkerterräng. Helt nyligen har emellertid *Ångström* (1958, sid. 113) tagit till orda i denna fråga. Han skriver: »Av nu föreliggande material torde man kunna utgå från att under de förhållanden, som råda i vårt land, avdunstningen från skogbeväxt terräng, den s. k. evapo-transpirationen, endast obetydligt skiljer sig från avdunstningen från slätt eller odlad mark, om vi se på avdunstningen i dess helhet under året.» Enligt *Ångström* skulle man sålunda kunna generalisera de ovan upprättade funktionerna för bestämning av  $E$  ur  $T$  att också gälla öppen åkerbygd i vårt land.

Flera undersökningar, även i Sverige, t. ex. senast av *S. Kihlberg* (1958), vilken författare också refererar en hel del tidigare litteratur i ämnet, visa att  $E$  är större i skog än i en närbelägen trädlös terräng. De forskare, som ur vattenhushållningssynpunkt ha jämfört skog med trädlös terräng, ha emellertid i regel jämfört skogsbestånd, ej med odlade grödor utan med spontan hyggesvegetation, vars transpiration är skäligen okänd och befinner sig i stark stegring från avverkningstillfället räknat för att åter avtaga

efter några år. Det är också stor skillnad mellan tall-, gran- och björkbestånd ur transpirationssynpunkt. Det synes mycket sannolikt att E är väsentligt högre i en fullsluten granskog i Sydsverige än inom ett nyss upptaget hygge i samma skog. Om dylika skogsbestånd skall jämföras med åkergrödor, bör man emellertid helst också skilja mellan olika sådana. Det råder nämligen ur transpirationssynpunkt betydande skillnader mellan korn, råg, vete, havre, rotfrukter, oljeväxter, vallväxter osv.

Frågan om de funna E- och H-värdenas verkliga tillämplighet på öppna åkerterräng i Sverige torde tillsvidare alltså få lämnas öppna. Sannolikt äro avvikelserna från de ovan studerade »normalförhållandena» ej särdeles stora, och under alla förhållanden kan man använda H-värdena såsom *index*tal. De ange värden, som skulle gälla, därest terrängen vore normal med hänsyn till fördelningen av skog-, sjöar, torvmarker osv. Använt såsom ett dylikt *index*tal, har H-värdet förtjänster framför *De Martonnes* tal, ty det har betydligt större temperaturkänslighet.

Man kan sålunda, om ock med en viss försiktighet, utnyttja de ovan härledda H-värdena i förbindelse med sådana jordbruksproblem, där klimats humiditetsgrad spelar en roll; så har f. ö. redan gjorts (se *Svanberg, Åberg* och *Steen* 1956). Anmärkningsvärt är att våra största och viktigaste åkerslätter för det mesta ha *låg humiditet*, stundom, såsom på vissa delar av Östgötaslätten och Visingsö, en *mycket låg*. Den svaga bevattningen lägger sålunda ej hinder i vägen för ett mycket intensivt jordbruk.

### Sveriges indelning i humiditetsregioner

Med utgångspunkt från kartan, Pl. 2, kan en ny indelning av vårt land i humiditetsregioner göras, se fig. 4. Som regiongränser väljes lämpliga isolinjer. Härav följer att regiongränserna markera diffusa övergångsbälten, inom vilka H-värdet ändrar sig. Trots denna svaghet ger en sådan regionkarta en god geografisk överblick över humiditetsförhållandena i landet. Så snart man önskar detaljer, kan man gå till kartorna Pl. 1 och 2, ifall man ej föredrager den goda utvägen att med användning av funktion (3) uträkna nya E-värden och H-värden för ett antal punkter inom det område, som man studerar.

Här nedan följer en förteckning på de regioner, som i anslutning till kartan, Pl. 2, med fördel kunna urskiljas:

1. Den subarida regionen. Humiditetsvärdet  $< 100$  mm.
2. Den svagt humida regionen. Humiditetsvärde 100—200 mm.
3. Den normal-humida regionen. Humiditetsvärde 200—400 mm.
4. Den starkt humida regionen. Humiditetsvärde 400—600 mm.
5. Den superhumida regionen. Humiditetsvärde  $> 600$  mm.
6. Fjällregionen. Humiditetsvärdet högt och starkt växlande.

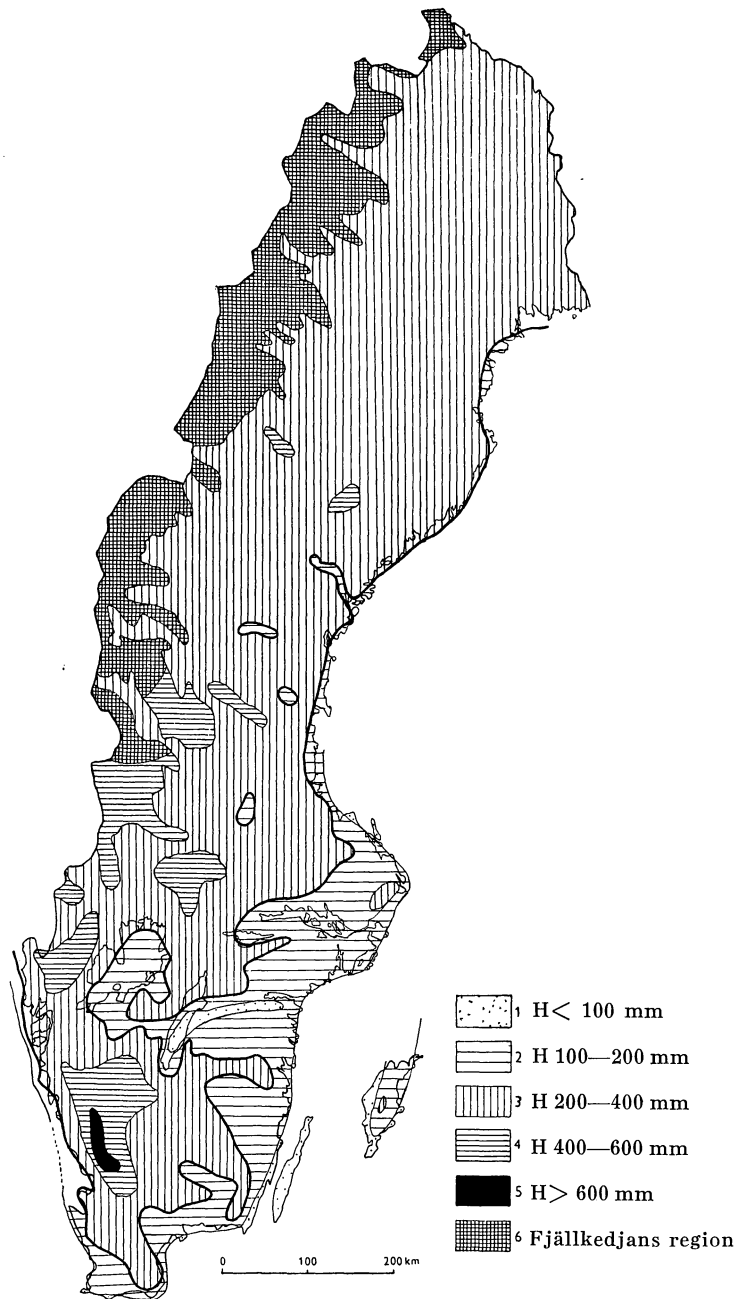


Fig. 4. Sveriges humiditetsregioner enl. Tamm. 1: den subarida regionen, 2: den svag-humida, 3: den normal-humida, 4: den stark-humida, 5: den superhumida regionen, 6: fjällkedjans region, där humiditetsgraden växlar starkt från 400 mm (längst i norr 300 mm) till ca 1500 mm.

Abb. 4. Die Humiditätsregionen Schwedens nach Tamm. 1: die subaride Region, 2: die schwachhumide, 3: die normalhumide, 4: die starkhumide, 5: die superhumide Region, 6: die Hochgebirgsregion, wo die Humidität stark variiert, meistens ist sie  $>400$  mm und steigt bis etwa 1500 mm.

Några data angående de olika regionernas omfattning, egenskaper och relationer till jordbruk och skog följer här nedan:

1. *Den subarida regionen.*  $H < 100$  mm. Till denna region hör en mycket smal remsa av Skånes sydkust, vidare den södra delen av Listerhalvön i Blekinge, ett långt, smalt band på fastlandet utmed Kalmarsund, hela Öland och det mesta av Gotlands kusttrakter, vidare Visingsö och en ej obetydlig del av Östgötaslätten liksom en mängd öar i den yttersta skärgården av N. Kalmar län, Östergötlands, Södermanland och Stockholms län. Regionen ansluter sig delvis till *Hesselmans* subarida område, som fått ge regionen dess namn, men omfattar avsevärt större areal än detta. På punktkartan finnes inom denna region fyra stationer med negativa H-värden (se Pl. 1). De äro: Stora Karlsö (— 62 mm), Ölands södra udde (— 17 mm). Kapelludden (— 20 mm), som ligger ungefär mitt på Ölands östkust samt Härads-skär (— 2 mm), en fyrplats bland de yttersta skären utanför Valdemarsvik. Samtliga dessa punkter ligga på uddar mot eller små öar i öppna havet, varmed följer att de bl. a. äro starkt vindexponerade, vilket gör exakt nederbördsmätning något vanskelig. De negativa H-värdena få därför ej tagas som ett bevis på aritt klimat. Å andra sidan närmar sig klimatet i region nr 1 ibland ganska nära till det arida. Ölands och Gotlands naturliga vegetation och jordmånsbildning äger också många drag, som påminna om arida förhållanden, vartill även de geologiska bildningarnas allmänna, höga kalkhalt starkt bidrager. — Försörjningen med färskvatten är på dessa öar mer vanskelig än annorstädes i Sverige.

2. *Den svagt humida regionen.*  $H=100-200$  mm. Hit hör några av de yttersta öarna och uddarna på Västkusten, vidare väsentliga delar av Malmöhus län och Kristianstadsslätten, större delen av Blekinge, väsentliga delar av det inre Gotland ävensom av Kalmar län med flikar in i Kronobergs och Jönköpings län, vidare en stor del av Västgötaslätten liksom väsentliga delar av Östergötland, Södermanland och Uppland och en smal kustremsa utmed Bottniska Viken ända upp till Luleå. Ytterligare tillkomma mindre delar av Närke-slätten och Västeråsbygden, omgivningarna kring sjön Runn i Dalarna samt två små områden vid Dellensjöarna i Hälsingland och i Ljungadalen i västra Medelpad. — Regionen ansluter sig delvis till den av *Hesselman* såsom kontinental betecknade. Den är av stor betydelse, ty den omfattar betydligt mer än hälften av vårt lands viktigaste jordbruksslätter. Även skogen lämnar i denna region ofta en utomordentlig produktion på sådana lokaler, där fuktighetsproblemet ej vållar några svårigheter, t. ex. på marker med ett relativt högt grundvattenstånd. Å andra sidan finnas t. ex. i östra Småland utpräglade tallmarker, på vilka björk och gran endast med svårighet tränga in, vilket av allt att döma samman-

hänger med den svaga humiditeten i förening med ganska grova, sandiga och stundom starkt steniga moräner.

3. *Den normal-humida regionen.*  $H=200-400$  mm. Denna region omfattar betydligt mer än 50 % av Sveriges yta och kan därför sägas vara normal för vårt land. Härav följer att vårt lands skogsproduktiva areal väsentligen faller inom denna region. Humiditetstalet ligger ofta omkring 300 mm.

Det finns emellertid viktiga jordbruksområden även inom region 3. Hit höra Västkustslätterna och Göta-älvområdet, delar av Kristianstads län, t. o. m. en helt liten fläck av det centrala Gotland, vidare delar av Småland, Västergötland, Vänernområdet och Värmland, de flesta jordbruksbygderna i Dalarna och Norrland. — Anmärkningsvärt är att det stora norrländska inlandet utanför fjällregionen och innanför kustbandet nästan helt hör hit. Förklaringen härtill är att både lufttemperaturen och nederbörden samtidigt avtaga från kustzonen inåt, ända till gränsen mot fjällregionen. I övre Norrland avviker kartbilden väsentligt från *Hesselmans*.

4. *Den starkt humida regionen.*  $H=400-600$  mm. Denna region omfattar ett betydande område av det inre Bohuslän—Dalsland, vidare av Halland, väsentliga delar av Älvsborgs län ävensom de västligaste delarna av Småland. Stora delar av Värmlands, Bergslagens och Dalarnas högt belägna delar höra hit (här bortses från Dalafjällen med omgivningar, som tillhöra region 6). Det inre Norrland utanför fjällregionen synes sakna denna humiditetsgrad utom i ett stråk av östra Härjedalen mot Orsa Finnmark, ett annat i nordvästra Hälsingland samt två obetydliga områden i de höglända trakterna i Södra Lappland nära gränsen till Ångermanland; det östligaste av dessa övergriper denna gräns.

Region 4 innefattar ingen egentlig jordbruksregion, om ock en avsevärd odling här och var förekommer, särskilt söder om norrlandsterrängens sydgräns. Skogsmarken utmärker sig för en påtaglig tendens till råhumusbildning, ofta även i lövskogar (av bok och i Halland även ek). Torvbildningar ha en stor utbredning, äro svåra att torrlägga och oftast olämpliga för skogsproduktion. Särskilt i de nordliga områdena förekomma rikligt med ganska starkt sluttande torvmarker. — Det må framhållas att den mycket höga humiditetsgraden *ej generellt* gagnar skogsproduktionen, även om kulturerna dra fördel därav. Vid kuperad topografi gynnas vattengenomsilning i sluttningar, och därmed uppkomsten av lokala, högproduktiva bestånd.

5. *Den superhumida regionen.*  $H\text{-värdet} > 600$  mm. (Här bortses från alla superhumida områden inom fjällkedjan.) Den superhumida regionen



är visserligen till arealen ganska obetydlig men dock av stort intresse. Den förenar nämligen ganska höga temperaturer med en mycket betydande klimatiskt betingad bevattning. Denna är minst tre gånger så stor som i den viktiga regionen 2 och ända till 10—12 ggr så stor som i den subarida regionen nr 1. Den superhumida regionen omfattar såväl topografiskt jämna som ganska starkt kuperade områden i det inre Halland och sträcker sig något in över gränserna mot Västergötland och Småland. Den har gjorts till föremål för en detaljstudie (*Tamm* 1959). Denna, som även omfattade en diskussion av avrinningen i flera halländska åar, ledde fram till en kartbild av regionen, som något skiljer sig från den, som återgivits å Pl. 2. Anledningen till att de båda kartorna ej helt överensstämmer är, att kartan, Pl. 2, upprättats på ett tidigt stadium av undersökningen. Regionkartan, fig. 4, meddelar däremot den senare, något korrigerade bilden av region 5.

Region nr 5 stämmer i viss mån med *Hesselmans* superhumida område, som fått ge regionen dess namn, men den är till ytan väsentligt större. Utanför den sammanhängande regionen är det sannolikt att det förekommer ett antal höjder med superhumitt (eller nära superhumitt) klimat dels i Borås-trakten (se *Tamm* 1959), dels i Värmland och Dalarna. Den meteorologiska stationen *Röjdåsen* i nordvästra Värmland intill norska gränsen har en årsmedelnederbörd av 998 mm, vilket ger ett H-värde av icke mindre än 682 mm. — Nederbördsstationen *Gråtbäck* i Dalarna å 525 m ö. h., ca 10 km söder om Orsa Finnmarks sydgräns, har ett P-värde av 839 mm. Den är omgiven av kullar och platåer, som nå upp till 700 m ö. h. På grund av den förhållandevis låga årsmedeltemperaturen på dessa nivåer skulle man här vid en nederbörd av samma storlek som stationen ha ett H-värde av 583 mm. Det behövs sålunda blott en ökning av nederbörden med 17 mm vid en stegring av höjden med 175 mm, för att det superhumida tillståndet skall nås. En sådan nederbördsökning med tilltagande höjd förefaller sannolik. — Nederbördsstationen *Kölaråsen* i västra Dalarna 340 m ö. h. nära Värmlandsgränsen, har ett P-värde av 856 mm. Den ligger i en dalgång, omgiven av höjder, som nå 600 m ö. h. Om dessa höjder ha samma årsmedelnederbörd som stationen, blir deras H-värde 576 mm. Det behöves sålunda en ökning av 24 mm vid 260 m:s ökning av höjden för att det superhumida klimatet skall uppnås, en stegring, som också förefaller sannolik. Det torde observeras att de här anförda nederbördsstationerna just hör till dem, som förkastats vid dragningen av isolinjerna (se ovan). Detta är naturligtvis ej någon tillfällighet utan beror på att dessa stationer med mycket hög nederbörd representera helt små arealer, vilka knappast f. n. kunna inläggas på en översiktskarta.

Den superhumida regionen är ur jordbrukssynpunkt av föga betydelse. Av ett visst intresse är att mycket grova, glacifluviala grus- och sandjordar i denna region ha uppodlats i en relativt stor omfattning och ge goda skör-

dar efter gödsling med naturlig gödsel; den klimatiska bevattningen är här tydligen tillräcklig även på mycket genomsläppliga jordar. Ur skogsbruks-synpunkt gäller detsamma som angående region 4; den allmänna tendensen till torvbildning och försumpning är i region 5 ännu mera utpräglad.

6. *Fjällregionen*. Fjällregionen är ur humiditetssynpunkt något för sig, den avviker från de övriga regionerna framförallt genom starka växlingar. Humiditeten är i allmänhet över 400 mm, längst i norr över 300 mm. Den stiger hastigt vid ökad höjd till maxima å de högsta fjällen av 1 400—1 500 mm och kanske mer. Betydande arealer torde ha ett H-värde av 800—1 000 mm. Dessa antaganden grunda sig på våra meteorologers beräkningar av årsmedelnederbörden, vilka i sin tur vila på observationer från ett ganska glest nät av meteorologiska stationer och i övrigt på mätning av avrinningen i en mängd vattendrag. (Se *C. C. Wallén*, 1951, s. 5—11, se även *Bergsten*, 1954, s. 4). Den årliga medel-evapotranspirationen inom fjällen är på grund av den låga temperaturen lägre än inom Skandinavien i övrigt. Den uppskattades av *Melin* (1942) i Malmagens fjällområde till 150 mm per år, ett värde, som sedan med viss approximation generaliserats att gälla fjällkedjan i dess helhet (se *C. C. Wallén* 1951, sid. 7 och *F. Bergsten*, 1954, sid. 4 och 7). På de av dessa forskare utgivna nederbördskartorna ha isohyeterna i stort sett fått ansluta sig till topografien och höjden över havet. Hållpunkter för humiditetsgraden får man således genom att utgå från SMHI:s siffror för årsmedelnederbörden och minska dessa med 150 mm. — Här och var finnas meteorologiska stationer, där nederbörden mätes. På sådana punkter kan man få fram lokala humiditetsvärden, som emellertid ha en mycket begränsad räckvidd, de gälla nästan blott det ställe och den nivå, där de utförts.

### **Humiditetsvärdet och klimatets kontinentalitet, resp. maritimitet**

Man möter ganska allmänt den uppfattningen att hög kontinentalitet hos klimatet också innebär låg nederbörd och i följd därav låg humiditet. Denna uppfattning är i många fall felaktig. Ett klimats grad av kontinentalitet är en temperaturfråga och brukar mätas med differensen mellan medeltemperaturen för årets varmaste och kallaste månad. Som bekant har *Ångström* (1938) inom Sverige urskiljt ett antal lokalkontinentala och lokalmaritima områden. De lokalkontinentala ha något varmare somrar och kallare vintrar än vad som är normalt (för samma latituder inom Sverige), de lokalmaritima ha något svalare somrar och varmare vintrar än normalt. En samman-

ställning av de lokalkontinentala och lokalmaritima områdena i Sverige med humiditetsregionerna är av intresse.

Det mest utpräglade lokalkontinentala området omfattar nästan hela Värmland, Dalarna ungefär W om Leksand—Rättvik, så gott som hela Härjedalen samt mindre delar av södra Jämtland och västra Medelpad. Detta område har, även bortsett från fjällen i nordvästra Dalarna och i Härjedalen, en allmänt *hög* humiditetsgrad utom betr. Österdalälvens dalgång, som har ett rätt lågt H-värde. Stora delar av området höra till den starkt humida regionen och det finnes t. o. m. smärre höjder och platåer som torde ha superhumitt klimat. Det föreligger här sålunda ingen korrelation mellan *hög* kontinentalitet och *låg* humiditet, snarare tvärt om. Den ljungrika, fattiga markvegetation, som spelar en stor roll i nordvästra Dalarnas och Härjedalens magra tallskogar, har stundom anförts som en följd av det torra, kontinentala klimatet. Det väsentliga av detta tallområde har emellertid ej torrt klimat; den svaga produktionen, tallens dominans och markvegetationens typ beror så gott som helt på den mineralogiskt svaga marken, som väsentligen bildats av kvartsiter, kvartssandstenar och porfyryr. Där berggrunden är gynnsammare (diabaser), äro också skogarna granrikare och mera produktiva.

*Ångströms* lokalkontinentala område i Sydsverige tillhör delvis den svag-humida regionen och skulle sålunda kunna antyda ett samband mellan kontinentalitet och svag humiditet. Emellertid sjunker både kontinentaliteten och humiditeten mot öster, mot kusten. I norra Kalmar läns kustband är klimatet alls ej lokalkontinentalt utan lokalmaritimt men samtidigt mycket torrt, i det yttersta kustbandet t. o. m. subaritt. I hela detta område följes sålunda stigande kontinentalitet och ökande humiditet åt istället för tvärt om. Detsamma gäller Västkusten, där *Ångström* urskiljt ett ganska utpräglat lokalmaritimt område. Här faller maritimiteten snabbt från kusten inåt landet men humiditeten ökar också samtidigt betydligt.

Fjällkedjan har enligt *Ångström* merendels ett lokalmaritimt klimat, medan ett brett stråk i inlandet mellan fjällen och kustregionen har lokalkontinentalt. Här råder korrespondens mellan hög humiditet och maritimt klimat och mellan tämligen låg humiditet och ett mera kontinentalt. Detta sammanhänger med att såväl maritimiteten som den höga humiditeten i fjällkedjan betingas av närheten till Atlanten, och vad beträffar det lokalkontinentala stråket, så kännetecknas detsamma både av låg nederbörd och låg årsmedeltemperatur, vilket medför att humiditetsgraden blir likformigt måttlig.

Det är uppenbart att det inom Sverige ej föreligger något allmänt samband mellan hög kontinentalitet och låg humiditet, resp. hög maritimitet och hög humiditet.

## Klimatets humiditetsgrad och skogen. Sammanfattning

De utförda undersökningarna företogos egentligen för att ge vårt lands skogsforskning ett hjälpmedel. Man har inom denna gren av tillämpad naturvetenskap länge behövt ett gott, siffermässigt uttryck för humiditetsgraden för att karakterisera betingelserna för skogens växt och produktion, exempelvis i fråga om många, i olika avseenden väl undersökta provytor. I brist på bättre har man hittills använt *De Martonnes* tal eller också har man nöjt sig med att ange årsmedelnederbörden. I alla sammanhang, där man har diskuterat skogens beroende av årsmedelnederbörd och humiditet bör man därjämte ange H-värdet.

Den klimatiska bevattningen, på vilken H-värdet är ett mått, är emellertid endast *en* sida av skogens och den naturliga vegetationens fuktighetsproblem, som också i hög grad påverkas av markens vattengenomsläppande, resp. vattenkvarhållande förmåga, vidare grundvattnets nivå och eventuella rörlighet. På själva grundvattentillgången utövar klimatets humiditet ett betydande inflytande, eftersom i vårt land praktiskt taget allt grundvatten härrör från nederbörden. Däremot sammanhänger ej luftfuktigheten, som också är viktig för växtligheten, med humiditetsgraden, den är exempelvis speciellt hög i de subarida stråken intill havet.

För många ändamål vore det mycket värdefullt att få fram månadsvärden och årstidsvärden för vårt klimats humiditet. De härmed förknippade omfattande problemen måste emellertid lösas på andra vägar än den här ovan inslagna. De ha bl. a. intresserat *Ångström* (1936). *Turcs* (1954—55) lysimeterundersökningar gå ut på att klarlägga markens fuktighetsbalans även under årets olika månader. Många andra forskare i olika delar av världen arbeta f. n. med dylika frågor, främst till jordbrukets tjänst.

Eftersom skogsmarkens fuktighetstillstånd bestämmes av ett helt komplex av faktorer, bland vilka H-värdet blott är en, om ock en viktig, är det oftast svårt att utan vidare klart se H-värdets roll i det hela. I bland tycker man sig emellertid kunna göra detta och här skall anföras några exempel.

Lavrika tallskogar äro i allmänhet föga vanliga i områden med *hög humiditetsgrad*. Om de förekomma i sådana (t. ex. i nordvästra Dalarna) orsakas de så gott som alltid av mineralogisk svaghet hos marken. — Mäktiga grus- och sandavlagringar, där grundvattnet ej nås av trädens rötter, pläga i *svagt humida* områden vara lågproduktiva och innehålla obetydliga inslag av björk och gran och detta även om markens mineralogiska beskaffenhet är relativt god.

Om de topografisk-geologiska förhållandena äro sådana att i sidled fram-silande grundvatten, som nås av trädens rötter, kan uppstå, leder hög humiditet ofta till uppkomst av starkt produktiva bestånd i sluttningar. Exempel på detta finnes i Hamra Revir i Orsa Finnmark (*Tamm & Wadman* 1945).

Här stiger den genomsnittliga boniteten och granförekomsten med ökad höjd över havet, tack vare de talrika genomsilningarna i revirets ganska starkt humida och kuperade högländ. Det är dock ej alltid, som hög humiditet är av godo. Inom Kristinehamns revir, som ligger i ett område, där nederbörd och humiditetstalet äro starkt stigande mot NO, konstaterade *Gabrielsson* (1948) att skogsskötselns genomförande i de höghumida områdena delvis måste basera sig på andra föryngrings- och gallringsmetoder än i de svagare humida delarna, vilket sammanhängde med en tendens till uppkomst av inaktiv råhumus vid hög humiditet.

Torvmarkernas utbredning, omfattning och skogsdikningsvärde beror av två huvudfaktorer: humiditetsgraden och topografien. Den enorma utbredningen av torvmarker inom den ganska plana Esmaredsplatån i Hallands superhumida region har tidigare behandlats (*Tamm* 1959). Humiditetsgradens betydelse framträder här starkt vid jämförelse med längre österut belägna delar av det lika jämna sydsmländska landskapet, där H-värdet är väsentligt lägre.

*Sammanfattning.* De utförda undersökningarnas resultat må sammanfattas på följande sätt:

1. Funktionerna (1), (2) och (3) ha upprättats för beräkning av den årliga medelevapo-transpirationen,  $E$ , ur årsmedeltemperaturen, allt för svensk normalterräng. För framtida behov är nr (3) att betrakta som den lämpligaste. De erhållna  $E$ -värdena äro approximativa uttryck för den totala avdunstningen från normal, svensk skogsterräng.

2. En karta (fig. 3) har upprättats över Sverige med isolinjer för evapo-transpirationen.

3. Humiditetsvärdet i mm, dvs. differensen mellan årsmedelnederbörden och den årliga medelevapo-transpirationen för samma årsföljd som nederbörden har beräknats för ett betydande antal punkter, som utlagts på en karta över Sverige utanför fjällregionen, Pl. 1. Humiditetsvärdet representerar den bråkdel av årsmedelnederbörden, som undgår avdunstning, den är med andra ord ett mått på den klimatiskt betingade bevattningen.

4. På grundval av punktkartan, Pl. 1, har upprättats en karta, Pl. 2, över Sverige utanför fjällregionen med isolinjer för humiditetsvärden, 50 mm:s intervall.

5. På grundval av kartan, Pl. 2, har Sverige indelats i sex humiditetsregioner: Den subarida, den svagt humida, den normal-humida, den starkt humida, den superhumida samt fjällkedjans region (se fig. 4).

6. Det har påvisats, att det inom Sverige ej föreligger något allmänt samband mellan kontinentalitet hos klimatet och låg humiditet eller mellan maritimitet och hög humiditet.

7. Några allmänna relationer mellan klimatets humiditet å ena sidan och vissa skogliga förhållanden å andra sidan har berörts. H-värdet framstår som en viktig *komponent i det komplex av naturfaktorer* som betinga skogens växt och produktion.

8. Undersökningens allra viktigaste resultat torde vara upprättandet av enkla funktioner för beräkning av evapo-transpirationen ur årsmedeltemperaturen, vilket tillåter uträkning av humiditetsgraden, H, ur årsmedelnederbörden. I många fall, på platser, där man förfogar över värden för årsmedelnederbörden och årsmedeltemperaturen, är det en bättre metod att räkna ut E och H direkt än att ta dem ur kartorna. Framdeles komma givetvis nya medeltal för senare perioder att publiceras från SMHI; i samma mån komma här upprättade kartor att bli föråldrade. Den lämpligaste funktionen för beräkningen av E är (3):  $E = 221,5 + 29,0 T$ . Kartornas huvuduppgift är att ge geografiska överblickar.

## Studien über die Humidität des Klimas in Schweden

### Vorwort und Einleitung

Seit 1952 studierte Verf. (*Tamm* 1954, 1956 a, 1956 b, 1959) die Humidität des schwedischen Klimas mit Hilfe von Beobachtungen und Karten, die von dem Meteorologischen und Hydrologischen Institut Schwedens (SMHI) veröffentlicht worden waren (*Bergsten* 1954, *Melin* 1943 und 1955, *A. Wallén* 1927, *C. C. Wallén* 1951, *Ångström* 1936, 1938, 1958). Gleichzeitig arbeitete *L. Turc* (1954—1955) in Versailles über den Wasserbilanz der Böden sowie die Relationen zwischen Lufttemperatur, Niederschlag und Evapo-Transpiration, wobei auch die Humiditätsfragen eingehend erörtert wurden. Ich habe Gelegenheit gehabt, einige wichtige Probleme mit Dr *Turc* zu diskutieren, wofür ich ihm herzlichst danke. Dem SMHI und »Kartografiska Institutet« in Stockholm sowie einer Anzahl Personen (die Namen, s. den schwedischen Text) habe ich Hilfe und Mitwirkung zu verdanken.

*Einleitung.* Seitdem *Penck* die Klimate der Erde in aride, humide und nivale einteilte, haben viele Bodenkundler, Ökologen, Pflanzengeographen u. a. zahlenmässigen Ausdrücken des *Grades* der Humidität nachgestrebt. Gleichzeitig massen die Hydrologen die abfliessenden Wassermengen vieler Flussgebiete, wodurch der jährliche Mittelwert des Abflusses pro km<sup>2</sup> eines Gebiets bestimmt werden konnte. Solche Mittelwerte, in mm angegeben, sind unten mit A bezeichnet, der mittlere Niederschlag des Jahres mit P,

die mittlere Evapo-Transpiration des Jahres mit  $E$ , alles in mm ausgedrückt. Mit  $T$  ist die mittlere Jahrestemperatur der Luft in Centigraden bezeichnet.  $E$  ist als die Differenz:  $P - A$  definiert.

$A$  stellt ein gutes Mass des Humiditätsgrades des Klimas dar, bezieht sich aber auf grosse Landesflächen, wodurch seine Brauchbarkeit für einzelne Plätze stark begrenzt wird. Darum hat man andere Ausdrücke für den Humiditätsgrad des Klimas angestrebt. — *Hesselman* führte die Methode *De Martonnes* in Schweden ein. Jener kennzeichnete die Aridität (resp. die Humidität) eines Klimas durch einen Index:  $P : (T + 10)$ . *Hesselman* teilte Schweden in sechs Zonen verschiedener Indices ein:

Zone 1	Index < 30
2	30—34
3	35—39
4	40—49
5	50—59
6	> 60

*De Martonnes* Index kann für eine grosse Anzahl Punkte ermittelt werden, was das Herstellen ziemlich detaillierter Karten zulässt. Er ist indessen nur schwach temperaturempfindlich und entbehrt einer klaren, physischen Bedeutung.

Die Evapo-Transpiration ist eine Funktion der allgemeinen Energiezufuhr zu Boden und Vegetation. Die mittlere Lufttemperatur ( $T$ ) kann als ein Mass dieser Energiezufuhr betrachtet werden.  $E$  dürfte sich somit als Funktion von  $T$  darstellen können. Im Besitz einer solchen Funktion könnte man einfach  $E$  aus  $T$  berechnen, nachher auch die Differenz  $P - E$  (in mm), welche Differenz unten als *Humiditätszahl* oder  $H$ -Wert ( $H$ ) bezeichnet wird.  $H$  stellt jene Niederschlagsmenge dar, die der Verdampfung entgeht, und hat im Gegensatz zu  $A$  den Vorteil, sich auf einzelne Punkte zu beziehen.

## Funktionen zur Berechnung der Evapo-Transpiration aus $T$

Von SMHI (durch Dr *R. Melin*) erhielt Verf. für 25 schwedische Abflussgebiete ausserhalb der Hochgebirgsregion folgende Angaben: Flächengrösse, Lage der Messtelle, Oberfläche der Binnenseen in %, mittlere Niederschläge pro Jahr während 1921—1950, mittlerer Abfluss pro Jahr während derselben Periode, mittlere Evapo-Transpiration pro Jahr ( $P - A$ ). Alles konnte als Schwedische Normalterrains, d. h. bewaldete Moränengebiete, betrachtet werden (s. *Tamm*, 1954). In der Hochgebirgsregion längs der norwegischen Grenze sind die Niederschläge sehr summarisch bestimmt worden, zum

grossen Teil durch Abflussmessungen. Diese Region konnte darum in die Untersuchung nicht einbezogen werden. — Die 25 Abflussgebiete wurden zwecks Temperaturbestimmung auf eine Karte der Jahresisothermen Schwedens projiziert. Dadurch war es möglich, die mittlere Jahrestemperatur der verschiedenen Abflussgebiete graphisch auszuwerten und E in einem Diagramm (Abb. 1) als Funktion von T darzustellen. Durch Regressionsanalyse liess sich die Gleichung (1) ableiten:  $E = 220,9 + 30,4 T$ . Zwischen den T-Werten 2 und 3,9 gab es von Anfang an keine Abflussgebiete. Diese Lücke wurde indessen bald durch Berechnung einiger anderer Gebiete ausgefüllt, was keine nennenswerte Änderung der Gleichung veranlasste.

Mit Gleichung (1) wurde jetzt eine grosse Anzahl von E-Werten und H-Werten verschiedener Punkte einer Karte Schwedens ausgerechnet und darauf mit der Herstellung von Humiditätskarten angefangen. Diese umfangreiche Arbeit war nahezu fertig als R. Melins wichtiges Buch: »Die Wasserführung schwedischer Flüsse« erschien (1955). Es zeigte sich, dass, nach Umrechnung der in Frage kommenden Angaben des Buches, noch 28 Abflussgebiete benutzt werden konnten. Damit stieg die Anzahl der verwendeten Abflussgebiete bis auf 53 Stück alles bewaldete Moränenterrains ausserhalb der Hochgebirgsregion, s. Tabelle 1 und Abb. 2. Vermittels Regressionsanalyse liess sich die Gleichung (2) berechnen (s. den schwed. Text), sie ist der Gleichung (1) sehr ähnlich.

Die Tabelle 1 wurde jetzt dem Mathematiker der forstlichen Forschungsanstalt Schwedens, Dr B. Matérn überreicht, zwecks einer statistischen Kontrolle sowie eines Versuches, etwaige Einwirkungen auf E von irgend einem anderen Faktor als T nachzuweisen.

Dr Matérn zeigte dass das Arealprozent der Binnenseen die E-Werte etwas beeinflusst, dagegen waren etwaige Einwirkungen von Niederschlägen resp. gebrochener Topographie, welche letztere mit der mittleren Höhe ü. M. verknüpft ist, nicht statistisch sicher gestellt. Alle Faktoren ausser T üben aber nur einen sehr kleinen Einfluss auf E aus und können deshalb vernachlässigt werden. Dr Matérn hat eine, etwas verbesserte Gleichung, (3) abgeleitet:  $E = 221,5 + 29,0 T$ . Jene ist den Funktionen (1) und (2) sehr ähnlich. Tab. 4 erläutert die Unterschiede der E- und H-Werte, die mit den Gleichungen (1), resp. (3) berechnet werden können. Diese kleinen Unterschiede liegen innerhalb den Fehlergrenzen; die Fehler der H-Werte sind leider ziemlich gross, weil unvermeidliche Fehler in P und E sich in den H-Werten summieren. Es lag kein Anlass vor, die schon ausgeführte, mühsame Arbeit mit Rechnen und Zeichnen zu verwerfen. Darum sind die Karten dieser Abhandlung alle mit Hilfe der Gleichung (1) ausgeführt worden. Für künftige Berechnungen dürfte man jedoch Gleichung (3) vorziehen.



## Weiteres über die Evapo-Transpiration

*Relationen zwischen E und dem Index De Martonnes.* Ångström (1958, s. 75—77) hat, von der früher vorgelegten Gleichung (1, s. Tamm 1954) ausgehend, eine interessante Relation gefunden. Hier wird seine Ableitung mit Hilfe der Gleichung (3) durchgeführt. Man kann (3) in folgender Weise schreiben:  $E = 29,0 (T + 7,64)$ . Der Ausdruck  $(T + 7,64)$  ist dem Nenner der Funktion *De Martonnes* sehr ähnlich. Wenn man *De Martonnes* Index mit  $H_M$  bezeichnet kann man schreiben:  $H_M = 29 P : a E$ . In dieser Gleichung hat  $a$  die Bedeutung  $(T + 10) : (T + 7,64)$  und kann (für das Klima Schwedens) als nahezu konstant angesehen werden.  $H_M$  ist somit nach Ångström dem Quotient  $P : E$  proportional, der Proportionalitätsfaktor ist 24. Wenn  $P = E$ , also bei der Grenze zum ariden, Klima, ist  $H_M = 24$ .

Auch Dr Turc (1954—55, S. 115) hat eine ähnliche Relation zwischen *De Martonnes* Index und dem Quotient  $P : E$  gefunden. Jener Index hat somit eine gewünschte, physische Bedeutung bekommen.

Wenn man statt *De Martonnes* Index einen anderen, sehr ähnlichen, hier mit  $H_q$  bezeichneten wählt, kann man den Approximationen, die mit dem Faktor  $a$  verknüpft sind, entgehen.  $H_q$  wird durch folgende Gleichung bestimmt:

$$H_q = \frac{P}{T + 7,64} = \frac{29,0 P}{E}$$

Bei dem  $H_q$ -Wert 29,0 liegt die Grenze zur Aridität.  $H_q$  hat gewisse Vorteile und könnte vielleicht zur Berechnung der Humiditätsindices einzelner Monate oder Jahreszeiten verwendet werden.

*Einige Gesichtspunkte von Schofield* (1956, S. 62). Nach diesem Forscher kann die Lufttemperatur nur mit Vorsicht als Mass der Energiezufuhr, die die Evapo-Transpiration bewirkt, betrachtet werden, wenn es sich um einen Vergleich von Lokalitäten verschiedener Höhe ü. M. handelt. Auch Turc (1954—55, S. 4—49) hat das Problem erörtert. Jener findet es sehr kompliziert, hebt aber hervor, dass es nur bei sehr grossen Höhendifferenzen wie in den Alpen, nennenswerte Bedeutung haben kann. Die mittlere Höhe ü. M. der hier behandelten Abflussgebiete überschreitet nicht 430 m. Solche kleinen Höhendifferenzen können offenbar keine Bedeutung im Sinn Schofields haben, was auch durch Matérns Berechnungen angedeutet wurde.

*Die Forschungen L. Turcs über die Wasserbilanz der Böden sowie die Relationen zwischen Niederschlag, Evapo-Transpiration und Abfluss.* Turcs ausgezeichnete Forschungen gründen sich erstens auf Messungen von Niederschlägen und abfliessenden Wassermengen in Abflussgebieten, auf die ganze Welt zerstreut, zweitens auf Lysimeterbeobachtungen. Dank ein-

gehender Analyse hat er die Gleichungen (9) und (10) aufstellen können (s. schwed. Text), die die Relationen zwischen E, P und T erläutern. Dabei hat er ein neues Symbol, L, eingeführt: In einem ariden Klima ändert sich E mit P und T. Bei fallender Aridität (steigender Humidität) wird einen Punkt erreicht, wo E konstant bleibt, vorausgesetzt dass T sich nicht ändert. Dieser Maximalwert bezeichnete *Turc* mit L. L ist also eine Funktion nur von T. Der Quotient  $P^2 : L^2$  in der Gleichung 9 darf nicht 0,1 überschreiten, sonst setzt man E gleich P, was nur für aride Gebiete in Frage kommt.

Wo T kleiner als  $14^\circ$  und P grösser als 500 mm ist, ersetzt *Turc* L mit  $\lambda$  und leitet die folgende Gleichung (11) ab:  $\lambda = 280 + 25 T$  (*Turc*, S. 16).

Das Klima des grössten Teils von Schweden lässt die Verwendung von Gleichung (11) zu, und  $\lambda$  kann dabei einfach mit E ersetzt werden. Die Ähnlichkeit der Gleichungen (11), (1), (2) und (3) ist sehr auffallend. *Turcs* allgemeine Analyse von E als Funktion von P und T hat somit für Schweden zu ähnlichen Resultaten geführt wie die Untersuchung von 53 verhältnismässig sehr homogenen, schwedischen Abflussgebieten. Für schwedische Verhältnisse ist indessen die Gleichung (1) oder (3) viel zweckmässiger als die Gleichung (11).

*Herstellung einer Karte der Evapo-Transpiration in Schweden.* Die Gleichungen (1), (2) und (3) ermöglichen die Herstellung einer Karte mit Isolinien für E. Aus oben angeführten Gründen wurde (1) benutzt. E-Werte mit 50 mm Intervall wurden sukzessiv in die Gleichung eingesetzt und die entsprechenden T-Werte ausgerechnet (s. Tab. 5). Darauf hat der damalige Direktor von »Kartografiska Institutet i Stockholm«, Fil. Dr *M. Lundqvist* die entsprechenden Isothermen, die gleichzeitig Isolinien der Evapo-Transpiration sind, gezogen, (s. Abb. 3). Zum Vergleich sind die Isolinien einer früheren Karte *Bergstens* (1954, S. 7) mitgenommen. Jene gründen sich auf hydrologische Messungen in Abflussgebieten. Sie sind darum nicht detailliert. — In der Hochgebirgsregion versagt die »Isothermmethode«. Dank Untersuchungen von *Melin* (1943) nehmen die Meteorologen hier einen E-Wert von 150 mm an. In den übrigen Teilen Schwedens ist dagegen die »Isothermmethode« offenbar die Beste.

## Humiditätskarten von Schweden und deren Herstellung

Zwecks Herstellung von Humiditätskarten wurden 1172 Punkte in Schweden, deren H-Wert berechnet werden konnte, verwendet, s. Pl. 1. Diese Punkte konnten in vier Gruppen eingeteilt werden:

1. 177 Punkte, wo Lufttemperatur und Niederschläge durch Messungen (SMHI) bekannt sind.

2. 417 Punkte, wo die Niederschläge gemessen worden sind (SMHI). Die mittlere Jahrestemperatur ist nach den Methoden *Ångströms* (1938) aus Breitengrad, Höhe ü. M. und Temperaturanomalie berechnet.

3. 509 Schnittpunkte von Jahresisothermen und Jahresisohyeten, wo also T und P bekannt sind. Eine Arbeitskarte im Masstab 1: 1500000 mit Isothermen und Isohyeten wurde für diesen Zweck von Dr *Lundqvist* hergestellt.

4. 69 Punkte. In gewissen Gebieten lag ein Bedarf an noch einigen Punkten vor. Darum wurden solche nach drei (nicht zwei, wie aus Versehen auf Pl. 1 angegeben ist) verschiedenen Methoden konstruiert. Die drei Methoden sind:

a. Der Punkt wurde auf einer Isotherme der Arbeitskarte gewählt, P ist durch Interpolation zwischen Isohyeten bestimmt.

b. Der Punkt wurde auf einer Isohyete gewählt. T ist mit den Methoden *Ångströms* berechnet worden.

c. Der Punkt wurde in einem verhältnismässig ebenen Terrain gewählt. P ist durch Interpolation zwischen Isohyeten, T mit den Methoden *Ångströms* berechnet worden.

Als Beispiele sind in Tabelle 6 die verschiedenen E- und H-Werte sowie andere Zahlen einiger Punkte gesammelt. Man findet da u. a. Serien von Punkten ungefähr gleicher Breite, die grosse Unterschiede der H-Werte aufweisen, z. B. Kalmar—Växjö—Esmared im Süden und Rönnskär—Malå—Juktfors im Norden.

Mit Hilfe der Punktkarte hat dr *Lundqvist* die Isolinien für Humiditätszahlen gezogen mit einem Intervalle von 50 mm, Pl. 2. Als Grenze der Hochgebirgsregion, wo solche Isolinien *nicht* gezogen werden können, wurde die Linie für 400 mm gewählt, in einem kleinen Gebiet des nördlichsten Teil des Landes, nahe der finnischen Grenze diejenige für 300 mm. Jene Grenzen sind natürlich unscharf; auch in der Nähe der Grenze sind die Isolinien wegen unvollständiger, meteorologischer Materials unsicher, was mit gebrochenen Linien angedeutet worden ist. In der Hochgebirgsregion ist der H-Wert grösser als 400 (resp. 300) mm und variiert sehr stark. Auf einigen der höchsten Gipfeln dürfte er etwa 1 500 mm erreichen.

Unter den Punkten der Karte, Pl. 1, gab es einige (32), die sich beim Ziehen der Isolinien nicht verwenden liessen. Eine Untersuchung wies darauf hin, dass, wo so etwas vorkommt, die Topographie verhältnismässig stark gebrochen ist. Die P-Werte und damit die H-Werte sind darum weniger repräsentativ als normal.

*Die H-Werte gut beackterter Ebenen.* Nur ein sehr kleiner Teil der Landesfläche Schwedens besteht aus waldarmen, stark beackerten Ebenen und weicht somit wesentlich vom Normal-Terrain ab. Nach *Ångström* (1958, S. 113) sind nennenswerte Abweichungen in den E- und H-Werten solcher Ebenen von denjenigen der Normalterrains jedoch nicht zu erwarten. Diese Probleme sind aber noch nicht gelöst; es gibt vorläufig nicht genügend von

untersuchten Abflussgebieten, um die Frage zu klären. — Es können auch kleine Einflüsse von Torfböden, Felsböden usw. vorkommen. Die gefundenen E- und H-Werte müssen darum in vielen Fällen als etwas approximativ angesehen werden. Für waldarme Gegenden ausserhalb der Hochgebirge können die H-Werte jedenfalls als *Indices* gebraucht werden.

## Einteilung Schwedens in Regionen verschiedener Humidität

Die Karte, Pl. 2, lässt eine Einteilung Schwedens in Regionen verschiedener Humiditätsgrade zu (s. Abb. 4):

1. Die Subaride Region. H-Werte  $<100$  mm
2. Die Schwach-humide Region. H-Werte 100—200 mm
3. Die normal-humide Region. H-Werte 200—400 mm
4. Die stark-humide Region. H-Werte 400—600 mm.
5. Die superhumide Region. H-Werte  $>600$  mm
6. Die Hochgebirgsregion, H-Werte meistens  $>400$  mm und sehr wechselnd.

Die Ausdrücke »subarid« und »superhumid« stammen von *Hesselman* her. Seine Humiditätsregionen stimmen aber nur in sehr begrenztem Umfang mit den obigen überein. — Region 3 umfasst mehr als 50 % der Landesfläche Schwedens. — In Region 1 findet man (S. Pl. 1) 4 Punkte, wo die H-Werte negativ sind. Dies dürfte *nicht* ein arides Klima indizieren. Es handelt sich um meteorologische Stationen, die sich auf kleinen Inseln oder Landspitzen im Meer befinden, also Stellen, wo der Wind einen grossen Einfluss auf die Messung der Niederschläge ausübt. — Die superhumide Region Südwestschwedens ist schon beschrieben (*Tamm* 1959). Es gibt ausserdem einzelne superhumide Kleinflächen auf Anhöhen in Värmland, Dalekarlien und vielleicht auch in der Nähe der Stadt Borås in Västergötland. — Es ist von Interesse festzustellen, dass die klimatisch bedingte Bewässerung in Region 5 sechs bis zehnfach so gross ist wie in Region 1. — Die besten landwirtschaftlichen Gegenden finden sich in Region 2, es gibt aber auch sehr gute Ackerbaudistrikte in Region 1 und 3. In den übrigen Regionen spielt die Landwirtschaft meistens eine bescheidene Rolle.

## Der Humiditätsgrad des Klimas und dessen Kontinentalität resp. Maritimität

*Ångström* (1938) hat in Schweden »lokalkontinentale« und »lokalmaritime« Gebiete festgestellt. In den ersten weicht die Lufttemperatur in kontinentaler Richtung von der Normalen ab, d. h. die Sommer sind etwas

wärmer, die Winter etwas kühler als normal. In den lokalarmariten sind die Winter etwas wärmer und die Sommer etwas kühler als normal.

Viele glauben, dass ein lokalarmarites Klima auch stark humid sein müsse und dass ein lokalkontinentales Klima gleichzeitig schwach humid sei. Die am ausgeprägtesten lokalkontinentale Region Schwedens umfasst die nordwestlichen Teilen von Värmland, Dalekarlien und Härjedalen. Ein sehr grosser Teil dieser Region ist aber stark-humid, es gibt dort sogar superhumide Lokalitäten. Längs der Westküste Schwedens ist das Klima lokalarmaritim. Wenn man landeinwärts fährt, steigt der Humiditätsgrad sehr schnell, während gleichzeitig die Maritimität fällt. Ähnliche Verhältnisse findet man auch meistens längs der Ostküste.

Nur im nördlichen Schweden (Jämtland—Lappland) ist eine lokalmaritime Region (längs der norwegischen Grenze) auch stark humid. Es besteht offenbar kein regelmässiger Zusammenhang zwischen starker Humidität und Maritimität resp. zwischen schwacher Humidität und Kontinentalität in Schweden.

### Humiditätsgrad und Forstwissenschaft. Zusammenfassung

Forstwissenschaft und Waldbau in Schweden bedürften seit langem guter, zahlenmässiger Ausdrücke für den Humiditätsgrad des Klimas, d. h. für die klimatisch bedingte Bewässerung. Bis jetzt bediente man sich bei den Beschreibungen von Probeflächen und Standorten des Index *De Martonnes*. In allen solchen Fällen ist die Anwendung des H-Wertes als ein Fortschritt anzusehen.

Mehrmals kann man deutlich den Einfluss des H-Wertes auf Waldwuchs und Waldtype beobachten. In stark-humiden Gegenden sind z. B. schwachproduktive Kiefernwälder von *Calluna-Cladina*-Typus auf sandigen Böden ziemlich selten; wenn sie vorkommen, sind sie immer durch mineralogische Schwäche des Bodens bedingt. — In schwachhumiden Gegenden sind mächtige Kies- und Sandböden, die, wie sehr oft in Schweden, mineralogisch reich sind, mehrmals von ziemlich schwachproduktiven Kiefernwäldern bewachsen. — Im Staatsforst Hamra (*Tamm und Wadman* 1945) steigt, statistisch betrachtet, die Bonität mit steigendem Humiditätsgrad, zum grossen Teil wegen reichlich vorkommender, gut bewässerter Böden an Abhängen. Im Staatsforst Kristinehamn dagegen fand *Gabrielsson* (1948) einen negativen Einfluss der steigenden Humidität auf den Forstböden. Er stellte nämlich eine mit steigender Humidität zunehmende Bildung von inaktivem Rohhumus fest. — Die Verbreitung von Torfböden und Sümpfen steigt stark mit zunehmenden H-Werten auf einer verhältnismässig ebenen Landesfläche, und jene Böden werden gleichzeitig schlechter für Wald-

wuchs als gewöhnlich und lassen sich nur mit Schwierigkeit entwässern. Die Bedeutung des H-Wertes für den Wald ist somit kompliziert. Ein hoher Humiditätsgrad kann sowohl günstig als auch schädlich einwirken.

*Zusammenfassung der Resultate:* 1. Gleichungen (besonders 1 und 3) zur Berechnung der jährlichen Evapo-Transpiration aus der Jahresmitteltemperatur in Schweden ausserhalb der Hochgebirgsregion wurden abgeleitet.

2. Eine Karte (Abb. 3) mit Isolinien für die Evapo-Transpiration in Schweden ist mit Hilfe der Gleichung (1) hergestellt.

3. Der Humiditätswert, d. h. die Differenz zwischen mittlerem Jahresniederschlag und Evapo-Transpiration ist für eine grosse Anzahl Punkte berechnet und auf eine Karte von Schweden eingezeichnet (Pl. 1).

4. Auf Pl. 1 gegründet, ist eine Humiditätskarte von Schweden ausserhalb der Hochgebirgsregion mit Isolinien des Humiditätswertes (50 mm Intervall) hergestellt worden, Pl. 2.

5. Auf Pl. 2 gegründet, ist Schweden in sechs Humiditätsregionen eingeteilt worden (Abb. 4).

6. Es besteht in Schweden kein regelmässiger Zusammenhang zwischen starker Humidität und Maritimität des Klimas, sowie zwischen schwacher Humidität und Kontinentalität.

7. Der Humiditätswert ermöglicht eine wichtige Komponente des Feuchtigkeitskomplexes des Waldbodens zu beurteilen.

8. Das wichtigste Resultat der Untersuchungen ist die Funktion zur Berechnung der Evapo-Transpiration aus der mittleren Jahrestemperatur:  $E = 221,5 + 29,0 T$ ; und damit auch des Humiditätsgrades des schwedischen Klimas. Es ist oftmals ein besserer Weg die E- und H-Werte direkt aus meteorologischen Zahlen zu berechnen, als sie den Karten zu entnehmen.

## Litteratur

- Bergsten, F.*, 1950. Contribution to Study of Evaporation in Sweden. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut Ser. D nr 3. 57 s. Stockholm.
- »— 1954. Nederbörden i Sverige. With an English Summary. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Ser. C: 5. Stockholm.
- Duchaufour, Ph.*, 1948. Recherches écologiques sur la Chênerie Atlantique Française. Ann. de l'École Nationale des Eaux et Forêts. Nancy.
- Emberger, L.*, 1942. Un Projet d'une classification des Climats au point de vue phytographique. Bull. de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse 77, Toulouse.
- Gabrielsson, G.*, 1948. Mark- och ståndskogsstudier inom Kristinehamns revir. Mit deutscher Résümée: Studien über Wald und Boden im Revir Kristinehamn. Bilaga till Sv. Skogsvårdsföreningens tidskrift, 1948. Norrtälje.

- Hesselman, H.*, 1932. Om klimatets humiditet i vårt land och dess inverkan på mark, vegetation och skog. Deutsche Zusammenfassung: Die Humidität des Klimas Schwedens und ihre Einwirkung auf Boden, Vegetation und Wald. Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt 26. S. 515—559. Stockholm.
- Kihlberg, S.*, 1958. Himmelsberget. En undersökning av skogsbeståndets inverkan på vattenhushållningen. English Summary: Himmelsberget, a Study of the Influence of Forest Cover on the Water Economy. Grundförbättring 11, sid. 119—140 och 175—200. Uppsala.
- Lang, R.*, 1920. Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. Stuttgart.
- Malmström, C.*, 1940. Korta anvisningar för bedömning av torvmarkers lämplighet för skogsdikning. Skogl. rön 6, utgivna av Statens Skogsförsöksanstalt. 2:dra uppl. Stockholm.
- De Martonne, E.*, 1956. Une nouvelle fonction climatologique: L'Indice d'aridité. La Météorologie, Revue mensuelle de météorologie et du physique du globe. Paris.
- Melin, R.*, 1943. Nederbörd och vattenhushållning inom Malmagens fjällområde. English Summary: Precipitation and Water-economy within the Mountain Area of Lake Malmagen. Statens Meteorologisk-hydrografiska Anstalt. Medd. 44, 48 s. Stockholm.
- 1955. Vattenföringen i Sveriges floder. The Discharge in the Swedish Rivers. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Medd. Ser. 4: 6. 287 sid. Stockholm.
- Schofield, P.*, 1956. Diskussionsinlägg. Congrès International de la Science du Sol, Vol. A, p. 62. Paris.
- Svanberg, O., Åberg, E. och Sten, E.*, 1956. Miljöbetingade förutsättningar för lymfadenos hos nötboskap i Sverige. Deutsche Zusammenfassung: Die Umweltbedingungen der Lymphadenose (Leukose) unter Rinden in Schweden. Kungl. Lantbruksakademiens tidskrift 95, Stockholm.
- Szymkiewicz, D.*, 1923. Sur l'importance du déficit hygrométrique pour la phytogéographie écologique. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, vol. I nr 1.
- 1923—1927. Etudes climatologiques I—XIII. Acta societatis Botanicorum Poloniae, vol. I—IV.
- Tamm, O.*, 1954. Till frågan om bestämning av klimatets humiditetsgrad i Sverige. Résumé en Français: De la détermination du degré d'humidité du climat en Suède. Kungl. Lantbruksakademiens tidskrift 93, s. 105—122. Stockholm.
- 1956 a. Fortsatta studier över klimatets humiditet i Sverige. Deutsche Zusammenfassung. Kungl. Lantbruksakademiens tidskr. 95, s. 402—405. Stockholm.
- 1956 b. L'Evapo-transpiration dans la Région forestière de la Suède. 6ème Congrès International de la science du Sol. 1: 2, p. 15—20. Paris.
- 1959. Bidrag till kännedomen om det superhumida klimatet i Sydvästsverige. Deutsche Zusammenfassung: Beitrag zur Kenntnis des superhumiden Klimas in Südwestschweden. Ymer, 70: 1, s. 1—21. Stockholm.
- Tamm, O. och Wadman, E.*, 1945. Om skogens naturliga betingelser i Hamra revir. English Summary: Factors of Site and Climate correlated to Yield and Type of Forest in Hamra, North Sweden. Bilaga till Sv. Skogsvårdsföreningens tidskr. 1945. Norrtälje.
- Tryselius, O.*, 1946. Om avdunstningen i Sverige. English Summary: On Evapo-transpiration in South Sweden. Kungl. Lantbruksakademiens tidskrift 85, s. 468—476. Stockholm.

- Turc, L.*, 1954—55. Le Bilan d'eau des sols: Relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. Annales de l'Institut National de la Recherche agronomique (Annales Agronomiques) ser. A p. 1954, 491—595 et 1955 p. 5—131. Paris.
- Wallén, Axel*, 1827. Eau tombée, débit et évaporation dans la Suède méridionale. Geografiska Annaler, 3. Stockholm.
- Wallén, C. C.*, 1951. Nederbörden i Sverige. With an English Summary: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Ser. A: 4. Stockholm.
- Ångström, A.*, 1936. A Coefficient of Humidity of General Applicability. Statens Meteorologisk-Hydrologiska Anstalt. Medd. 11. Stockholm.
- »— 1938. Lufttemperatur och temperaturanomalier i Sverige 1901—1930. English Summary: Temperature in Sweden 1901—1930. Statens Meteorologiska och Hydrologiska Anstalt. Medd. Bd 7: 2. Stockholm.
- »— 1958. Sveriges Klimat, 2:dra uppl. Stockholm.



HUMIDITETSTAL (P-E) ENLIGT TAMM  
FÖR 1172 PUNKTER I SVERIGE  
UTANFÖR FJÄLLREGIONEN

Pl. 1

HUMIDITÄTSAHLEN (P-E) NACH TAMM  
FÜR 1172 PUNKTE IN SCHWEDEN  
AUSSERHALB DER HOCHGEBIRGE

Skala 1:4 000 000

0 100 200 km



T Årsmedeltemperatur  
Jahresmittel der Lufttemperatur

P Årsmedelnederbörd  
Jahresmittel des Niederschlages

E Årsmedelavdunstning  
Jahresmittel der Verdunstung

PUNKTER MED HUMIDITETSTAL  
AV OLIKA NOGGRANNHETS-  
GRAD:  
PUNKTER MED HUMIDITÄTSAHLEN VER-  
SCHIEDENER GENAUIGKEIT

● T och P från meteorologiska ob-  
servationer  
T und P aus meteorologischen Messungen

○ T beräknad enligt A. Ångström,  
P från meteorologiska observa-  
tioner  
T nach A. Ångström berechnet, P aus mete-  
orologischen Messungen

• T och P från skärningspunkter av  
årsisotermer och årsisohyeter en-  
ligt upprättad arbetskartan.  
T und P Schnittpunkten von Jahresisoter-  
men und Jahresisohyeten einer hergestellten  
Arbeitskarte.

▲ Punkter valda på arbetskartans  
årsisohyeter. T ber. enl. A. Ång-  
ström, P från kartans isohyeter.  
Punkte, auf Jahresisohyeten der Arbeits-  
karte gewählt. T ber. nach A. Ångström, P aus  
der Karte.

▲ Punkter valda mellan två årsiso-  
hyeter på arbetskartan. T ber.  
enl. A. Ångström, P genom inter-  
polation.  
Punkte, zwischen zwei Jahresisohyeten der  
Arbeitskarte gewählt. T berechnet nach Ång-  
ström, P durch Interpolation.



# KLIMATETS HUMIDITET I SVERIGE

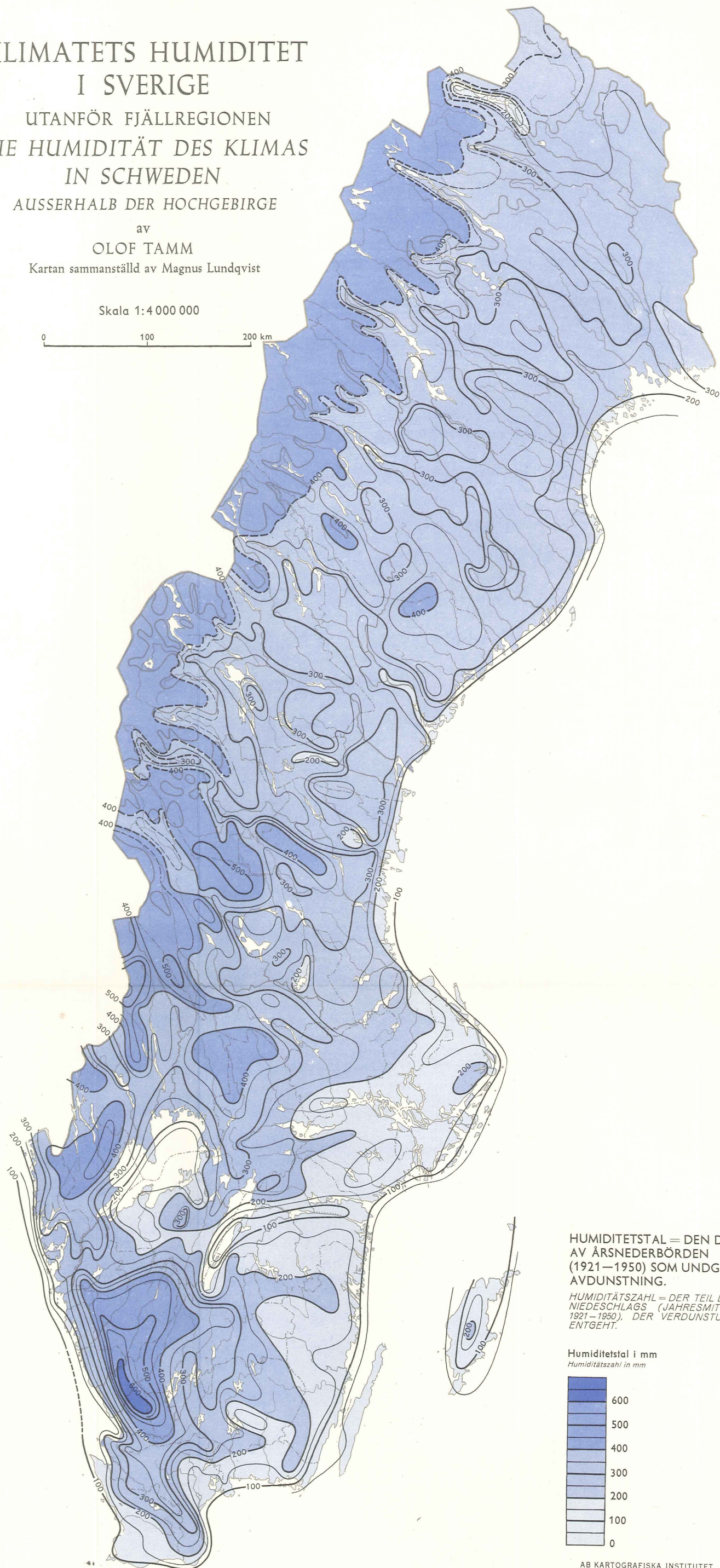
UTANFÖR FJÄLLREGIONEN  
DIE HUMIDITÄT DES KLIMAS  
IN SCHWEDEN

AUSSERHALB DER HOCHGEBIRGE

av  
OLOF TAMM  
Kartan sammanställd av Magnus Lundqvist

Skala 1:4 000 000

0 100 200 km



HUMIDITETSTAL = DEN DEL  
AV ÅRSNEDERBÖRDEN  
(1921—1950) SOM UNDGAR  
AVDUNSTNING.

HUMIDITÄTSAHL = DER TEIL DES  
NIEDESCHLAGS (JAHRESMITTEL  
1921—1950), DER VERDUNSTUNG  
ENTGEHT.

Humiditetstal i mm  
Humiditätszahl in mm

